

2) 논술우수전형 자연계

(1) 1교시

① 수학 문제1

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목) / 문항번호	자연계(수학) / 수학1- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	미적분II
	핵심개념 및 용어	접선의 방정식, 정적분
답안 작성 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[수학1] 다음 <제시문1>~ <제시문3>을 읽고 [수학1- i] ~ [수학1- ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

함수 $f(x)$ 가 $x=a$ 에서 미분가능할 때, 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $P(a, f(a))$ 에서의 접선의 방정식은 다음과 같다.

$$y-f(a)=f'(a)(x-a)$$

<제시문2>

두 함수 $f(x)$, $g(x)$ 가 모두 구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때, 두 곡선 $y=f(x)$, $y=g(x)$ 및 두 직선 $x=a$, $x=b$ 로 둘러싸인 도형의 넓이 S 는 다음과 같다.

$$S=\int_a^b |f(x)-g(x)|dx$$

<제시문3>

실수 전체의 집합 R 에 대하여 함수 $f: R \rightarrow R$ 를

$$f(x)=\begin{cases} x^2 & (x \geq 0 \text{ 일 때}) \\ -x^3 & (x < 0 \text{ 일 때}) \end{cases}$$

로 정의할 때, 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $A(-1,1)$ 에서의 접선이 y 축과 만나는 점을 B 라고 하자. 점 B 에서 곡선 $y=f(x)$ 에 그은 접선 중 점 A 를 지나지 않는 접선의 접점을 C 라 하자.

[수학 1 - i] <제시문3>에서 점 C의 좌표를 구하고, 그 이유를 논하시오.

[수학 1 - ii] <제시문3>에서 삼각형 ABC는 곡선 $y=f(x)$ 에 의해 두 부분으로 나뉘어진다. 이 중 점 $P(0, -1)$ 를 포함하는 부분의 넓이를 구하고, 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

함수의 개형 파악 및 미분법을 이용한 접선의 방정식을 구할 수 있는 능력은 물리량의 변화에 대한 탐구를 하는 학문 전반에 걸쳐 매우 중요하다. 또한 정적분은 사물의 넓이와 부피 등을 구하는데 있어서 가장 중요한 수학적 도구이다. 이 문제의 핵심내용들은 [미분II]의 ‘도함수의 활용’과 ‘정적분의 활용’에 근거하고 있다. 본 문항들을 통하여, 두 가지 다항식으로 정의된 함수의 그래프를 그린 후에, 이 곡선에 대한 접선의 방정식을 미분법을 이용하여 구할 수 있는지와 이 곡선과 접선에 의해 둘러싸인 영역의 넓이를 정적분을 이용하여 구할 수 있는지, 그리고 이러한 풀이과정을 논리적으로 전개할 수 있는지를 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문1	교육과정	[미적분II] - (다) 미분법 - ② 도함수의 활용 ① 접선의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2321. 접선의 방정식을 구할 수 있다.
제시문2	교육과정	[미적분II] - (라) 적분법 - ② 정적분의 활용 ① 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (4) 적분법 - (나) 정적분의 활용 미적2421. 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
제시문3	교육과정	[미적분II] - (다) 미분법 - ② 도함수의 활용 ② 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
수학1- i	교육과정	[미적분II] - (다) 미분법 - ② 도함수의 활용 ① 접선의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (3) 미분법 - (나) 도함수의 활용 미적2321. 접선의 방정식을 구할 수 있다.
수학1- ii	교육과정	[미적분II] - (라) 적분법 - ② 정적분의 활용 ① 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (4) 적분법 - (나) 정적분의 활용 미적2421. 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다.

나) 참고 자료

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분II	이강섭 외	미래엔	2016	124-134, 176-182
	미적분II	이준열 외	천재교육	2016	142-151, 192-196

5. 문항 해설

본 문제는 함수의 그래프 위 한 점에서의 접선의 방정식을 미분을 이용하여 구하고, 그 접선에 의해 생성되는 영역의 넓이를 정적분을 이용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[수학 1- i] 미분법을 이용하여 접선의 방정식을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 1- ii] 정적분을 이용하여 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
수학 1- i	접선의 방정식을 구할 수 있다.	5
	이차 방정식의 해를 구할 수 있다.	5
수학 1- ii	도형의 넓이를 정적분으로 표현할 수 있다.	5
	정적분을 구할 수 있다.	10

7. 예시 답안

[수학 1- i]

함수 $f(x)$ 의 도함수는 $f'(x) = \begin{cases} -3x^2 & (x \leq 0 \text{일 때}) \\ 2x & (x \geq 0 \text{일 때}) \end{cases}$ 이다. 따라서 점 $A(-1, 1)$ 에서의 접선의 방정식은 $y - 1 = -3(x + 1)$, 즉 $y = -3x - 2$ 이고 점 B의 좌표는 $(0, -2)$ 이다. 점 B를 지나는 직선의 방정식은 $y = mx - 2$ 이므로, $x^2 = mx - 2$ 는 중근을 가져야 한다. 따라서 $m^2 - 8 = 0$ 이 되고, $m = 2\sqrt{2}$ 이다. 이 때, 중근은 $\sqrt{2}$ 이 되므로, 점 C의 좌표는 $(\sqrt{2}, 2)$ 이다.

[수학 1- ii]

문제의 넓이는 $\int_{-1}^0 (-x^3 + 3x + 2)dx + \int_0^{\sqrt{2}} (x^2 - 2\sqrt{2}x + 2)dx$ 이 되고, 이는

$$\left[-\frac{x^4}{4} + \frac{3x^2}{2} + 2x \right]_{-1}^0 + \left[\frac{x^3}{3} - \sqrt{2}x^2 + 2x \right]_0^{\sqrt{2}} = \frac{3}{4} + \frac{2\sqrt{2}}{3} \text{이다.}$$

② 수학 문제2

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목) / 문항번호	자연계(수학) / 수학2- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	수학II, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	중복순열, 등비수열
답안 작성 시간	30분	

2. 문항 및 제시문

[수학 2] 다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [수학 2 - i] ~ [수학 2 - ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

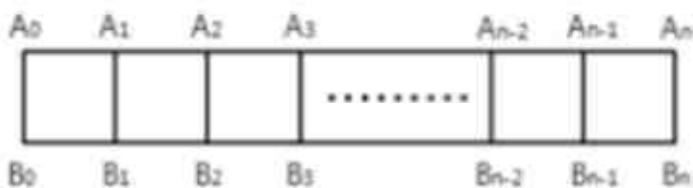
<제시문1>

첫째항이 a , 공비가 r 인 등비수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합 S_n 은 다음과 같다.

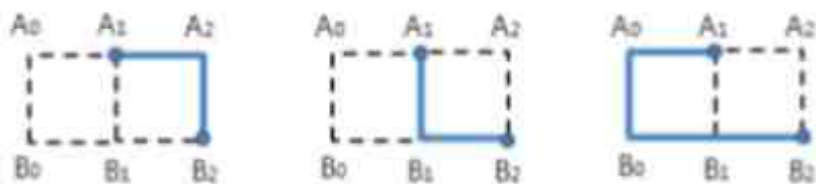
$$S_n = \begin{cases} \frac{a(r^n - 1)}{r - 1} & (r \neq 1 \text{ 일 때}) \\ na & (r = 1 \text{ 일 때}) \end{cases}$$

<제시문2>

자연수 n 에 대하여 아래 그림과 같은 도로망이 있다.



단, 이 도로망 위를 이동할 때 한 번 지나간 지점은 다시 지날 수 없다. 예를 들어, $n=2$ 일 때, A_1 지점으로부터 B_2 지점까지 가는 방법은 다음과 같이 3가지이다.



여기서, 이동 거리는 최단 거리일 필요는 없으며, 출발 지점은 한 번 지나간 지점으로 간주한다.

[수학 2 - i] <제시문2>의 도로망에서 $n = 100$ 일 때, A_0 지점으로부터 B_{100} 지점까지 가는 방법은 몇 가지인지 구하고, 그 이유를 논하시오.

[수학 2 - ii] <제시문2>의 도로망에서 $n = 100$ 일 때, 도로망 위쪽의 $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{100}$ 각각의 지점에서 출발하여 B_{100} 지점까지 가는 방법의 수의 총합을 구하고, 그 이유를 논하시오. 예를 들어, $n = 2$ 일 때 A_0, A_1, A_2 지점 중 하나에서 출발하여 B_2 지점까지 가는 방법의 수의 총합은 10가지이다.

3. 출제 의도

수열은 자연현상에서 발생하는 사건을 수학적으로 표현하는데 있어서 핵심적인 도구로, 자연과학 뿐 아니라 여러 공학 분야를 포함하는 다양한 분야에서 널리 활용된다. 그리고 순열과 조합은 개수를 세는 모든 분야에서 기본적인 수학적 도구를 제공한다. 본 문항의 핵심적인 내용은 [수학II] ‘수열’과 [확률과 통계]의 ‘순열과 조합’ 단원에서 다루어진다. 특히 등비수열의 합과 중복순열이 이 문제에서 핵심적으로 다루어졌다. 본 문항을 통해 학생들이 실생활에서 흔히 발생할 수 있는 경우의 수를 중복순열을 통해 구할 수 있는지와 이로부터 자연스럽게 유도되는 등비수열의 합을 구할 수 있는지, 등비수열의 일반항을 유도할 수 있는지, 그리고 이러한 풀이과정을 논리적으로 전개할 수 있는지를 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문1	교육과정	[수학II] - (다) 수열 - ① 등차수열과 등비수열 ③ 등비수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학II] - (3) 수열 - (가) 등차수열과 등비수열 수학2313-2. 등비수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
제시문2	교육과정	[확률과 통계] - (가) 순열과 조합 - ② 순열과 조합 ③ 원순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[확률과 통계] - (1) 순열과 조합 - (나) 순열과 조합 확통1123-2. 중복순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.
수학2- i	교육과정	[확률과 통계] - (가) 순열과 조합 - ② 순열과 조합 ③ 원순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[확률과 통계] - (1) 순열과 조합 - (나) 순열과 조합 확통1123-2. 중복순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.
수학2- ii	교육과정	[수학II] - (다) 수열 - ① 등차수열과 등비수열 ③ 등비수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다. [확률과 통계] - (가) 순열과 조합 - ② 순열과 조합 ③ 원순열, 중복순열, 같은 것이 있는 순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.

성취기준· 성취수준	[수학II] - (3) 수열 - (가) 등차수열과 등비수열 수학2313-2. 등비수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
	[확률과 통계] - (1) 순열과 조합 - (나) 순열과 조합 확통1123-2. 중복순열을 이해하고, 그 순열의 수를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학II	이준열 외	천재교육	2016	125-135
	수학II	신항균 외	(주)지학사	2016	133-141, 166-167
	확률과 통계	이준열 외	천재교육	2016	24-39
	확률과 통계	김원경 외	비상교육	2016	15-27

5. 문항 해설

본 문제는 주어진 도로망 위에서 한 지점으로부터 다른 지점으로 가는 방법의 수를 중복순열을 사용하여 표현하고, 이들의 합을 등비수열의 합을 이용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[수학2- i] 도로망 위의 이동 방법의 수를 중복순열을 이용하여 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학2-ii] 등비수열의 합을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
수학2- i	이동 방법이 수를 중복수열로 논리적으로 표현할 수 있다.	5
	중복수열의 값을 구할 수 있다.	5
수학2- ii	각 지점으로부터 목표지점까지 가는 방법의 수를 구할 수 있다.	5
	등비수열의 합을 이용하여 전체 방법의 수를 구할 수 있다.	10

7. 예시 답안

[수학 2- i]

A_0 지점에서 B_{100} 지점으로 이동하기 위해서는 위쪽 도로와 아래쪽 도로 중에서 100개를 선택하면서 오른쪽 방향으로 이동해야 한다. 즉, 서로 다른 2개에서 중복을 허락하여 100개를 택하여 일렬로 배열하는 경우의 수 이므로, 중복순열의 수 ${}_2H_{100} = 2^{100}$ 이다.

[수학 2-ii]

$k \leq 99$ 에 대해, A_k 지점에서 출발하여 최초로 오른쪽 혹은 아래쪽으로 이동하여 B_{100} 지점에 도달하는 방법의 수는 2^{100-k} 이다. A_k 지점에서 출발하여 최초 왼쪽으로 이동할 경우, B_{k+1} 지점에 도달해야 하고 B_{k+1}

지점까지 이동하는 방법의 수는 k 이다. 이제 B_{k+1} 지점으로부터 B_{100} 지점까지 이동하는 방법의 수는 2^{99-k} 이다. 이를 종합하면,

- A_0 지점에서 출발하여 B_{100} 에 가는 방법의 수는 2^{100} ,
- A_1 지점에서 출발하여 B_{100} 에 가는 방법의 수는 $2^{99} + 1 \cdot 2^{98}$,
- A_2 지점에서 출발하여 B_{100} 에 가는 방법의 수는 $2^{98} + 2 \cdot 2^{97}$,
-
- A_{99} 지점에서 출발하여 B_{100} 에 가는 방법의 수는 $2^1 + 99 \cdot 2^0$,
- A_{100} 지점에서 출발하여 B_{100} 에 가는 방법의 수는 101가지이다.

따라서 각각의 이동 방법의 수의 합은

$$\begin{aligned}
 & 2^{100} + (2^{99} + 1 \cdot 2^{98}) + (2^{98} + 2 \cdot 2^{97}) + \dots + (2^1 + 99 \cdot 2^0) + 101 \\
 &= (2^{100} + 2^{99} + \dots + 2^1 + 1) + (2^{98} + 2^{97} + \dots + 2^1 + 1) + \dots + (2 + 1) + 1 + 100 \\
 &= (2^{101} - 1) + (2^{99} - 1) + \dots + (2^1 - 1) + 100 \\
 &= 2^{101} + (2^{99} + 2^{98} + \dots + 2^1 + 1) - 1 \\
 &= 2^{101} + 2^{100} - 2
 \end{aligned}$$

이다.

③ 물리 I

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(물리 I)	
문항번호	물리 I- i, ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리 I	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 I
	핵심개념 및 용어	뉴턴 운동법칙, 부력, 아르키메데스 법칙
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

<제시문1>

처음 속도가 v_0 이고 일정한 가속도 a 로 시간 t 동안 운동한 후의 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.

<제시문2>

물체에 작용하는 부력은 잠긴 부분의 부피에 해당하는 유체의 무게와 같다.

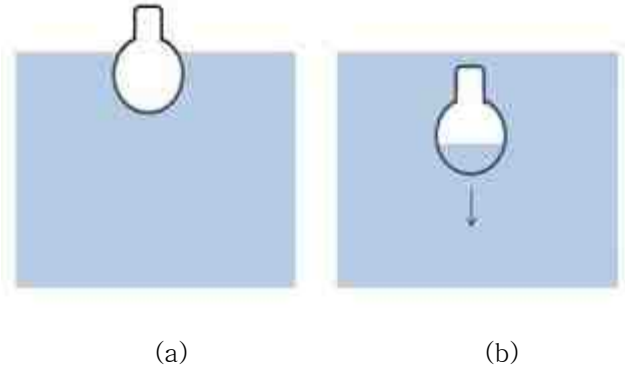
[물리 I - i] 편평한 직선도로에서 자동차 A가 자동차 B를 따라가고 있다. 이 때 A의 속력은 108km/h이고 B의 속력은 72km/h이다. B가 갑자기 감속을 하기 시작했고 1초 후 A도 감속하기 시작했다. 감속하여 정지할 때까지 A와 B의 가속도의 방향은 속도와 반대 방향이고 크기는 10m/s^2 이다. 두 자동차가 충돌을 피하기 위해서는 B가 감속하기 직전에 자동차 사이의 거리 d 가 최소한 얼마가 되어야 하는지 제시하시오. (단, 지면과의 마찰과 공기 저항은 무시하시오.)



[물리 I -ii] 그림 (a)과 같이 잠수함이 바닷물 위에 떠 있으며 평형 상태에 있다. 잠수함의 질량은 1500톤이고 부피는 2000m^3 이다. (단, 1톤은 1000kg 이고 바닷물의 밀도로 1g/cm^3 을 사용시오.)

(가) 잠수함의 부피 중 물에 잠겨있는 부분의 부피를 구하고, 그 근거를 제시하시오.

(나) 그림 (b)처럼 잠수함이 완전히 물속으로 잠수를 하기 위해서는 잠수함에 주입되어야 하는 바닷물의 질량은 최소 얼마가 되어야 하는지 논하고, 그 근거를 제시하시오.



3. 출제 의도

뉴턴의 운동법칙에 대한 이해를 기반으로 실제 일어날 수 있는 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가한다. 또한 유체에 잠겨있는 물체에 작용하는 부력에 대한 이해도를 측정한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(1) 시공간과 우주 (71쪽) (가) 시간, 공간, 운동 ③ 속도, 가속도의 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 1차원 등가속도 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.
제시문2	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (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.

물리 I-i	교육과정 문서	(1) 시공간과 우주 (71쪽) (가) 시간, 공간, 운동 ③ 속도, 가속도의 개념을 이해하고, 이를 바탕으로 1차원 등가속도 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.
물리I-ii	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (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

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	김영민 외	교학사	2016	35~36, 328~330
	물리 I	곽성일 외	천재교육	2016	28~31, 280~282

5. 문항 해설

[물리 I - i]은 물체가 등가속도 운동을 할 때 시간에 따른 속도의 변화와 변위를 분석하여 두 자동차가 충돌을 피하기 위한 최소거리를 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정인 “시간, 공간, 운동”단원에서 배운 내용을 실제 문제에 적용하여 이를 해결할 것을 요구하고 있다.

[물리 I - ii]는 유체 안에 있는 물체가 밀도의 변화에 의해 부력의 크기가 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정인 “힘과 에너지의 이용”단원에서 다루는 내용을 바탕으로 출제되었다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
물리I-i	<p>[채점 요소] $x_B = 20 \text{ m}$를 구함</p> <p>[방법1] $v_B = 20 - 10t, t = 2 \text{ s}$ $x_B = 20 \times 2 - \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2$ $x_B = 20 \text{ m}$ (i) 자동차 B가 정지할 때까지 걸리는 시간의 정확한 제시 (2점) (ii) 자동차 B가 정지할 때까지 이동한 변위의 정확한 제시 (2점)</p> <p>[방법2] $0^2 - 20^2 = -2 \times 10 \times x_B$ $x_B = 20 \text{ m}$ (i) 등가속도 운동에서 속도와 변위 사이의 관계식의 정확한 제시 (2점) (ii) 이 관계식을 사용하여 자동차 B가 정지할 때까지의 변위를 정확하게 제시 (2점)</p>	13점
	<p>[채점 요소] $x_A = 45 \text{ m}$를 구함</p> <p>[방법1] $v_A = 30 - 10t, t = 3 \text{ s}$ $x_A = 30 \times 3 - \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$ $x_A = 45 \text{ m}$ (i) 자동차 A가 정지할 때까지 걸리는 시간의 정확한 제시 (2점) (ii) 자동차 A가 정지할 때까지 이동한 변위의 정확한 제시 (2점)</p> <p>[방법2] $0^2 - 30^2 = -2 \times 10 \times x_a$ $x_A = 45 \text{ m}$ (i) 등가속도 운동에서 속도와 변위 사이의 관계식의 정확한 제시 (2점) (ii) 이 관계식을 사용하여 자동차 A가 정지할 때까지의 변위를 정확하게 제시 (2점)</p>	
	<p>[채점요소] $d \geq 55 \text{ m}$를 구함 $30 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 30 \text{ m}$ $d \geq 55 \text{ m}$ (i) 자동차 B가 감속할 때부터 A가 감속하기 시작하기 전까지 1초 동안 A의 변위의 정확한 제시 (2점) (ii) 두 자동차가 충돌을 피하기 위한 d의 최솟값의 정확한 제시 (3점)</p>	

물리I-ii (가)	[방법 및 채점요소] $1000\text{ kg/m}^3 \times V \times g$ $V = 1500\text{ m}^3$ (i) 아르키메데스 법칙을 적용하여 잠수함에 작용하는 부력을 설명 (3점) (ii) 중력과 부력의 평형조건을 사용하여 잠겨있는 부피 값의 정확한 제시(점)	6점
물리I-ii (나)	[방법 및 채점요소] $1000\text{ kg/m}^3 \times 2000\text{ m}^3 \times g$ $M \geq 5 \times 10^5\text{ kg} = 500\text{ 톤}$ (i) 완전히 잠겼을 때 잠수함에 작용하는 부력을 설명 (3점) (ii) 중력이 부력보다 커야 하는 조건을 적용하여 주입되는 바닷물 질량 최솟값을 정확하게 제시 (3점)	6점

7. 예시 답안

[물리 I - i]

처음속도 72km/h로 달리던 자동차 B가 시간 t동안 감속을 할 때의 속도 v_B 는 다음과 같이 주어진다. 처음속도는 72km/h로 주어졌는데 이는 20 m/s와 동일하다.

$$v_B = 20 - 10t$$

B가 정지하는데 걸리는 시간은 $v_B = 0$ 로부터 구할 수 있고 2초로 계산된다.

B가 정지할 때까지 변위 x_B 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$x_B = 20 \times 2 - \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 20\text{ m}$$

한편 처음속도 108km/s = 30m/s로 달리던 자동차 A는 B가 감속한 후 1초 동안은 처음속도로 계속 움직였으므로 그 동안 간 거리는 $30\text{ m/s} \times 1\text{ s} = 30\text{ m}$ 가 된다. 그 이후 감속하는 시간 t동안 속도 v_A 는 다음과 같이 주어진다.

$$v_A = 30 - 10t$$

A가 정지하는데 걸리는 시간은 마찬가지로 $v_A = 0$ 로부터 구할 수 있고 3초로 계산된다.

따라서 A가 정지할 때까지의 변위 x_A 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$x_A = 30 \times 3 - \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 = 45\text{ m}$$

B가 감속을 시작했을 때 A와 B사이의 거리를 d라고 하면 A와 B가 충돌을 피하기 위해서는 다음과 같은 관계가 성립해야 한다.

$$d + 20 \geq 45 + 30 \rightarrow d \geq 55\text{ m}$$

결과적으로 d의 최솟값은 55m가 된다.

[물리 I - ii]

(가) 바닷물에 잠겨있는 잠수함의 부피를 V라 하면 아르키메데스의 법칙에 의해 잠수함에 작용하는 부력은 V에 들어있는 바닷물의 무게와 같으므로 $1000\text{ kg/m}^3 \times V \times g$ (g는 중력 가속도)가 된다. 한편 잠수함에 작용하는 무게(중력)는 $1.5 \times 10^6\text{ kg} \times g$ 로 주어진다. 잠수함이 역학적 평형상태에 있으려면 무게와 부력이 상쇄되어야 하므로

$1000\text{ kg/m}^3 \times V \times g = 1.5 \times 10^6 \text{ kg} \times g$ 가 된다. 따라서 $V = 1500\text{ m}^3$ 이다.

(나) 잠수함이 바닷물에 완전히 잠길 때에 작용하는 부력은 $1000\text{ kg/m}^3 \times 2000\text{ m}^3 \times g$ 이 된다. 잠수함에 주입된 바닷물의 질량을 M 이라고 하면 잠수함에 작용하는 무게(중력)은 $(1.5 \times 10^6 + M)\text{ kg} \times g$ 가 된다.

결과적으로 바닷물에 완전히 잠기기 위해서는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$(1.5 \times 10^6 + M)\text{ kg} \times g \geq 1000\text{ kg/m}^3 \times 2000\text{ m}^3 \times g \rightarrow M \geq 5 \times 10^5 \text{ kg} = 500\text{톤}$$

④ 물리Ⅱ

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(물리Ⅱ)	
문항번호	물리Ⅱ - i , ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리Ⅱ	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리Ⅱ
	핵심개념 및 용어	충돌, 포물선 운동, 로런츠 힘, 입자의 파동성
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

<제시문1>

운동량 보존 법칙은 외력이 작용하지 않는 모든 충돌에서 성립한다. 충돌 전후에 운동 에너지가 보존 되는 충돌을 탄성 충돌이라고 한다.

<제시문2>

자기장 B 에 수직 방향으로 속력 v 로 운동하는 전하 q 가 받는 로런츠 힘의 크기 F 는 $F=qvB$ 이다.

<제시문3>

운동량 p 인 입자의 드브로이 파장 λ 는 $\lambda = \frac{h}{p}$ 이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

<제시문4>

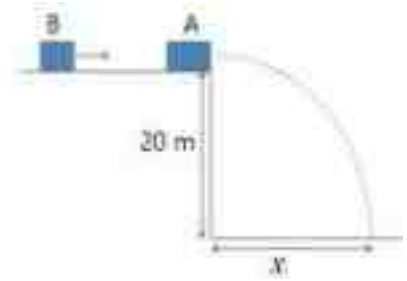
입자가 특정 에너지 상태에 있을 때 에너지를 얻거나 잃으면 다른 에너지 상태로 이동할 수 있다. 이 때 두 상태의 에너지 차이와 똑같은 크기의 에너지를 가진 빛을 흡수하거나 방출해야만 한다.

오.

[물리Ⅱ-i] 그림과 같이 질량 3kg인 물체 A가 높이 20m의 절벽 끝에 정지해 있다. 질량 1kg인 물체 B가 속력 10m/s로 움직여 물체 A와 정면으로 탄성 충돌하였다. (단, 물체의 크기 및 지면과의 마찰 그리고 공기 저항을 모두 무시하시오. 또한 중력 가속도는 10m/s²을 사용하시오.)

(가) 충돌 직후 물체 A와 물체 B의 속도의 크기와 방향을 구하고, 그 근거를 제시하시오.

(나) 충돌 후 물체 A가 절벽에서 낙하해 지면에 닿았을 때 절벽으로부터 낙하지점까지의 거리 x 를 구하고, 그 근거를 제시하시오.

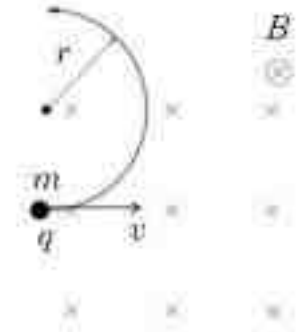


[물리Ⅱ-ii] 그림과 같이 크기가 B 이고 종이 면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장이 걸려있는 공간 안에 질량 m , 전하량 q , 속력 v 인 입자가 자기장에 수직인 방향으로 들어왔다. 입자는 로런츠 힘을 받아 그림과 같이 자기장에 수직인 평면상에서 원운동을 하게 된다. 입자 궤도의 총 길이는 입자의 드브로이 파장의 정수배 ($n = 1, 2, 3, \dots$)가 되는 양자화 조건을 만족한다.

(가) 원운동 반지름 r 을 B, q, n, h 를 사용하여 구하고, 그 근거를 제시하시오.

(나) B, q, m, n, h 를 사용하여 입자의 에너지 E_n 을 표시하시오.

(다) 입자가 에너지 E_{n+1} 상태에서 에너지 E_n 상태로 이동할 때 방출하는 빛의 진동수 f 를 (나)의 결과를 이용하여 구하고, 그 근거를 제시하시오.



3. 출제 의도

탄성 충돌에서의 운동량 및 운동에너지 보존과 포물선 운동을 조합하여 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가한다. 또한 자기장 내에 전하가 받는 로런츠 힘이 전하의 운동이 어떤 영향을 주는지를 묻고 전하에 양자화 조건이 적용되었을 때 일어날 수 있는 물리적 현상에 대한 이해도를 측정한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ④ 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	외력이 작용하지 않는 상태에서 두 물체 사이에 충돌이 일어날 때의 운동량 보존을 이해하게 한다. 운동에너지가 보존되는 2차원 탄성충돌에서 두 물체가 충돌할 때 물체의 속도가 어떻게 바뀌는지를 알게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (나) 전류와 자기장 ④ 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로런츠 힘을 안다.
	교육과정	자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로런츠 힘의 방향과 크기를 알게 하고,

	해설서	이 현상이 암페어의 법칙과 관련됨을 이해하게 한다.
제시문3	교육과정 문서	(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽) (가) 물질의 이중성 ④ 전자의 속도에 따른 물질파의 파장을 구하고, 전자현미경의 분해성능을 이해한다.
	교육과정 해설서	입자의 운동량과 파장의 관계식을 정량적으로 적용할 수 있게 하고, 이 때 빛의 입자성과 전자의 파동성의 대칭성을 이해하게 한다.
제시문4	교육과정 문서	(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽) (나) 양자물리 ② 슈뢰딩거 방정식을 알고, 그 해인 파동함수와 에너지 준위의 의미를 정성적으로 이해한다.
	교육과정 해설서	슈뢰딩거 방정식과 드브로이의 물질파 이론과의 연관성을 알게 한다. 슈뢰딩거 방정식의 해를 통해 파동함수로부터 입자가 발견될 확률, 에너지 준위가 주어졌을 때 방출되거나 흡수되는 빛의 에너지 등을 정량적으로 구할 수 있음을 알게 하고, 이를 통하여 도체와 반도체와 같은 물질의 성질을 설명할 수 있다는 사실을 알게 한다.
물리 II -i	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다. ④ 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	외력이 작용하지 않는 상태에서 두 물체 사이에 충돌이 일어날 때의 운동량 보존을 이해하게 한다. 운동에너지가 보존되는 2차원 탄성충돌에서 두 물체가 충돌할 때 물체의 속도가 어떻게 바뀌는지를 알게 한다. 포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다.
물리 II -ii	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (나) 전류와 자기장 ④ 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 안다. (4) 미시세계와 양자현상 (83쪽) (가) 물질의 이중성 ④ 전자의 속도에 따른 물질파의 파장을 구하고, 전자현미경의 분해성능을 이해한다. (나) 양자물리 ② 슈뢰딩거 방정식을 알고, 그 해인 파동함수와 에너지 준위의 의미를 정성적으로 이해한다.
	교육과정 해설서	자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘의 방향과 크기를 알게 하고, 이 현상이 암페어의 법칙과 관련됨을 이해하게 한다. 입자의 운동량과 파장의 관계식을 정량적으로 적용할 수 있게 하고, 이 때 빛의 입자성과 전자의 파동성의 대칭성을 이해하게 한다. 슈뢰딩거 방정식과 드브로이의 물질파 이론과의 연관성을 알게 한다. 슈뢰딩거 방정식의 해를 통해 파동함수로부터 입자가 발견될 확률, 에너지 준위가 주어

		졌을 때 방출되거나 흡수되는 빛의 에너지 등을 정량적으로 구할 수 있음을 알게 하고, 이를 통하여 도체와 반도체와 같은 물질의 성질을 설명할 수 있다는 사실을 알게 한다.
--	--	---

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리Ⅱ	김영민 외	교학사	2016	30~32, 56~60, 147~151, 294~296, 309~314
	물리Ⅱ	곽성일 외	천재교육	2016	29~32, 36~43, 148~153, 271~274 293~295

5. 문항 해설

[물리Ⅱ-i]은 두 물체가 탄성 충돌할 때 충돌 전의 속도를 사용하여 충돌 후의 속도를 구하고 한 물체가 충돌 직후 포물선 운동을 할 때 낙하 시 수평이동거리를 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정인 “힘과 운동”단원에서 배운 내용을 실제 문제에 적용하여 이를 해결할 것을 요구하고 있다.

[물리Ⅱ-ii]는 자기장 안에서 로런츠 힘을 받는 전하의 운동 궤도를 구하는 문제이다. 또한 양자화 조건을 전하의 운동에 적용하였을 때 전하가 가지는 에너지 값과 에너지의 변화에 따라 방출되는 빛의 진동수를 구하도록 하였다. 고등학교 교육과정인 “전류와 자기장”, “물질의 이중성”, “양자 물리”단원에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 출제되었다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
물리Ⅱ-i(가)	$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$ $\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 = \frac{1}{2} m_A v_A'^2 + \frac{1}{2} m_B v_B'^2$ $v_A' = 5 \text{ m/s},$ $v_B' = -5 \text{ m/s}$ (i) 운동량보존법칙의 정확한 설명 (2점) (ii) 운동에너지보존의 정확한 설명 (2점) (iii) 충돌 후 물체 A와 B의 속도의 정확한 제시 (4점)	8점
물리Ⅱ-i(나)	$20 \text{ m} = \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow t = 2 \text{ s}$ $5 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} = 10 \text{ m}$ (i) 수직 방향의 등가속도 운동식을 사용, 낙하시간을 정확히 계산 (2점) (ii) 수평방향의 등속도 운동식을 사용해 절벽에서 낙하지점까지의 거리를 정확히 제시 (2점)	4점

물리 II-ii(가)	$qvB = \frac{mv^2}{r}$ $2\pi r = n\lambda = n\frac{h}{p} = n\frac{h}{mv}$ $r = \sqrt{\frac{nh}{2\pi qB}}$ <p>(i) 구심력이 로런츠 힘으로 주어지는 관계식의 설명 (2점) (ii) 원 궤도 총 길이가 드브로이파장의 정수배로 주어지는 관계식의 정확한 제시 (2점) (iii) 원 운동 반지름 r을 B, q, n, h로 정확히 제시 (3점)</p>	7점
물리 II-ii(나)	$E_n = \frac{1}{2}mv^2$ $E_n = \frac{nhqB}{4\pi m}$ <p>(i) 입자의 에너지가 운동에너지임을 설명 (2점) (ii) 입자에너지를 B, q, m, n, h를 사용하여 정확히 제시 (2점)</p>	4점
물리 II-ii(다)	$f = \frac{qB}{4\pi m}$ <p>(i) 입자가 E_{n+1} 상태에서 E_n 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수를 정확히 제시 (2점)</p>	2점

7. 예시 답안

[물리 II-i]

(가) 질량 m_A 인 물체 A의 충돌 전 속도를 v_A , 질량 m_B 인 물체 B의 충돌 전 속도를 v_B 로 놓는다. 탄성 충돌 후의 속도를 각각 v_A' , v_B' 라고 하면 다음의 관계식을 쓸 수 있다.

$$\text{운동량 보존 법칙: } m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

$$\text{운동에너지 보존 법칙: } \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 = \frac{1}{2}m_A v_A'^2 + \frac{1}{2}m_B v_B'^2$$

$m_A = 3\text{ kg}$, $m_B = 1\text{ kg}$, $v_A = 0\text{ m/s}$, $v_B = 10\text{ m/s}$ 을 사용하여 위의 식들을 v_A' , v_B' 에 대해 풀면 다음과 같은 값을 얻는다.

$$v_A' = 5\text{ m/s}, \quad v_B' = -5\text{ m/s}$$

따라서 충돌 후 물체 B는 원래 방향과 반대 방향으로 5m/s로 운동하고 물체 A는 물체 B의 충돌 전 속도와 같은 방향으로 5m/s로 운동한다.

(나) 물체 A가 절벽에서 떨어진 직후 수평방향의 속도는 5m/s이고 수직방향의 속도는 0m/s이다. 높이 20m인 절벽을 내려오는데 걸리는 시간은 다음의 식에 의해 계산된다.

$$20\text{ m} = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times 20}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{10}} = 2\text{ s}$$

절벽에서 낙하지점까지의 거리는 그동안 운동한 수평거리와 같으므로 $5\text{ m/s} \times 2\text{ s} = 10\text{ m}$ 가 된다.

[물리 II-ii]

(가) 입자에 작용하는 로런츠 힘은 입자가 원운동을 하게 하는 구심력을 제공한다. 따라서 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

또한 입자 궤도의 총 길이는 드브로이 파장의 정수배(n)이 되므로 다음과 같이 표시된다.

$$2\pi r = n\lambda = n \frac{h}{p} = n \frac{h}{mv}$$

위의 두 식으로부터 원운동 반지름 r 을 구하면 다음과 같이 주어진다.

$$r = \sqrt{\frac{nh}{2\pi qB}} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

(나) 입자의 에너지 E_n 는 운동에너지만 있으므로

$$E_n = \frac{1}{2}mv^2$$

위의 첫 번째 식으로부터 $mv = qBr$ 이 되고 이를 위식에 대입하면

$$E_n = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{q^2 B^2 r^2}{2m} = \frac{q^2 B^2}{2m} \times \frac{nh}{2\pi qB} = \frac{nhqB}{4\pi m} \text{ 이 된다.}$$

(다) 입자가 에너지 E_{n+1} 상태에서 E_n 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 에너지는

$$hf = E_{n+1} - E_n = \frac{hqB}{4\pi m} \text{ 이 되고 빛의 진동수 } f \text{는 } \frac{qB}{4\pi m} \text{ 으로 주어진다.}$$

⑤ 화학 I

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(화학 I)	
문항번호	화학 I - i ~ iv	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	전자 배치, 원자 반지름, 이온 반지름, 화학 반응식
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

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

<제시문1> 바닥상태의 원자는 에너지가 가장 낮은 오비탈부터 전자가 채워지고, 그 오비탈이 채워지면 다음으로 에너지 준위가 높은 오비탈에 전자가 채워지는 전자 쌍을 원리로 전자가 배치된다. 또한, 전자 배치와 원소의 화학적 성질은 밀접한 관계를 가진다.

<제시문2> 원자를 구성하는 전자는 명확한 경계를 갖지 않으므로 한 개의 원자로서 그 원자의 반지름을 결정하기는 쉽지 않다. 따라서 원자 반지름은 원자들의 핵 사이의 거리를 측정해서 결정한다. 즉 원자 반지름은 같은 종류의 원자가 결합해 있을 때 두 원자의 핵간 거리의 반이다. 원자가 전자를 잃고 양이온이 되거나 전자를 얻어 음이온이 되면 각 이온의 반지름은 원자의 반지름과 크기가 달라진다.

<제시문3> 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식을 이용하여 반응물과 생성물의 종류를 알 수 있고, 계수로부터 반응물과 생성물의 양적관계를 파악할 수 있다.

<제시문4> 산과 염기를 반응시키면 산과 염기의 성질이 사라지는데, 이것은 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하기 때문이다. 이러한 반응을 중화 반응이라고 하는데, 이때 물은 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온의 결합으로 생성된다. 또한 염은 산의 음이온과 염기의 양이온이 결합하여 생성되는 물질을 말한다.

[화학 I - i] 원자 번호 13번인 알루미늄(Al)과 원자 번호 16번인 황(S)에 대해서 각각의 안정한 이온 형태를 <제시문1>을 참조하여 논하시오.

[화학 I - ii] 알루미늄 이온과 알루미늄 원자, 그리고 황 원자가 있다. 이 3개의 이온 및 원자들에 대해 반지름의 크기를 비교하여 순서대로 나타내고, 그 근거를 논하시오.

[화학 I - iii] 황화 은(Ag₂S)과 알루미늄과의 반응을 통해 금속 은을 추출할 수 있다. 이때 부산물로 황화 알루미늄이 생성된다. 이 반응을 통해 은 21.6 g을 얻고자 할 때, 부산물로 생성될 황화 알루미늄의 양(g)을 구하고, 근거를 논하시오. (단, Ag, Al, S의 원자량은 각각 108, 27, 32이다.)

[화학 I - iv] 황화 은과 염산을 반응하면 유독한 황화 수소(H₂S) 기체가 발생한다. 이때 발생한 황화 수소 기체를 포집하여 물에 모두 녹인 뒤, NaOH 수용액으로 중화시키고자 한다. 황화 은 31 g과 충분한 양의 염산이 반응하여 발생한 황화 수소를 중화시키기 위해 필요한 NaOH의 양(g)은 얼마인지 구하고, 근거를 논하시오.(단, Na, O, H의 원자량은 각각 23, 16, 1이다.)

3. 출제 의도

화학 I 교과서 내용에 기반하여 화학의 언어, 개성 있는 원소, 닳은꼴 화학 반응 단원에 대한 기본적인 이해에 대해 묻고자 하였다. 특히, 원소의 전자 배치와 주기성의 원리 이해 및 화학 반응에 대한 화학 반응식을 올바르게 세우고 반응물과 생성물간의 물질의 양적 관계를 이해 할 수 있는지에 대해 묻고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(2) 개성 있는 원소 (89쪽) (라) 오비탈과 스핀 개념을 이해하고, 배타 원리, 훈트 규칙, 쌍음 원리를 적용하여 다전자 원자의 전자 배치를 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(2) 개성 있는 원소 원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다. ④ 오비탈과 스핀 개념을 이해하고, 배타 원리, 훈트 규칙, 쌍음 원리를 적용하여 전자원자의 전자 배치를 설명할 수 있다. 전자가 원자핵 주위의 일정한 궤도를 따라 움직인다는 보어의 모형은 전자가 2개 이상인 원자에 대해서 잘 적용되지 않으므로, 오비탈을 이용하여 설명하는 현대적 원자 모형을 도입한

		다. 오비탈과 스핀의 개념을 이용하여 파울리의 배타 원리, 훈트 규칙, 쌍음 원리 등을 설명함으로써 다전자원자의 전자 배치를 이해하게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(2) 개성 있는 원소 (89쪽) (마) 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(2) 개성 있는 원소 원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다. ⑤ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다. 현대적인 주기율표를 전자 배치와 관련지어 도입한다. 원자가전자수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등의 개념을 설명하고, 주기율표에서 원소의 성질이 주기적으로 변화되는 현상을 이해하게 한다.
제시문3	교육과정 문서	(1) 화학의 언어 (88쪽) (마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.
	교육과정 해설서	(1) 화학의 언어 인류 문명의 발전과 관련된 대표적인 화학 반응을 소개함으로써, 화학이 우리의 삶과 아주 긴밀하게 연관되어 있음을 설명한다. 이러한 화학 반응들을 통해 화학의 세계에서 소통의 도구가 되는 원소, 원자, 분자, 화합물, 물 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다. ⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하는 방법을 다루고, 화학 반응식에 포함된 의미를 이해하게 한다. 화학 반응식을 통하여 반응물질과 생성물질의 종류를 알고, 몰-질량, 몰-부피, 질량-부피 등의 양적 관계를 다룬다.
제시문4	교육과정 문서	(4) 짧은몰 화학반응 (90쪽) (마) 산과 염기의 중화 반응을 이해한다.
	교육과정 해설서	(4) 짧은몰 화학 반응 생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어 화학 반응의 짧은 점을 찾아내고, 이를 통하여 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 이해하게 한다. 산소에 의한 산화·환원 반응을 도입한 후, 전자의 이동으로 산화·환원 반응을 설명한다. 산과 염기는 산화·환원 반응의 결과 만들어진 물질임을 이해시키고, 산과 염기의 중화 반응을 설명한다. 앞에서 학습한 옥텟 규칙, 수소 결합의 개념을 확장하여 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 분자들에 적용하여 봄으로써 창의적인 사고를 할 수 있게 지도한다.

		⑤ 산과 염기의 중화 반응을 이해한다. 산과 염기의 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 산과 염기의 반응에 의하여 물과 염이 생성됨을 이해시킨다. 모형이나 비유 등을 이용하여 산과 염기의 중화 반응에서 물이 생성될 때 수소이온과 수산화이온이 같은 몰씩 반응한다는 것을 이해하게 한다.
화학 I - i	교육과정 문서	(2) 개성 있는 원소 (89쪽) (마) 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(2) 개성 있는 원소 원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다. ④ 오비탈과 스핀 개념을 이해하고, 배타 원리, 훈트 규칙, 쌍음 원리를 적용하여 전자원자의 전자 배치를 설명할 수 있다. 전자가 원자핵 주위의 일정한 궤도를 따라 움직인다는 보어의 모형은 전자가 2개 이상인 원자에 대해서 잘 적용되지 않으므로, 오비탈을 이용하여 설명하는 현대적 원자 모형을 도입한다. 오비탈과 스핀의 개념을 이용하여 파울리의 배타 원리, 훈트 규칙, 쌍음 원리 등을 설명함으로써 다전자원자의 전자 배치를 이해하게 한다.
화학 I - ii	교육과정 문서	(2) 개성 있는 원소 (89쪽) (마) 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(2) 개성 있는 원소 원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다. ⑤ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다. 현대적인 주기율표를 전자 배치와 관련지어 도입한다. 원자가전자수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등의 개념을 설명하고, 주기율표에서 원소의 성질이 주기적으로 변화되는 현상을 이해하게 한다.
화학 I - iii	교육과정 문서	(1) 화학의 언어 (88쪽) (마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. (4) 짧은몰 화학반응 (90쪽) (가) 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화·환원 반응임을 이해한다.
	교육과정	(1) 화학의 언어

	해설서	<p>인류 문명의 발전과 관련된 대표적인 화학 반응을 소개함으로써, 화학이 우리의 삶과 아주 긴밀하게 연관되어 있음을 설명한다. 이러한 화학 반응들을 통해 화학의 세계에서 소통의 도구가 되는 원소, 원자, 분자, 화합물, 물 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다.</p> <p>⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하는 방법을 다루고, 화학 반응식에 포함된 의미를 이해하게 한다. 화학 반응식을 통하여 반응물질과 생성물질의 종류를 알고, 몰-질량, 몰-부피, 질량-부피 등의 양적 관계를 다룬다.</p> <p>(4) 닳은꼴 화학 반응</p> <p>생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어 화학 반응의 닳은 점을 찾아내고, 이를 통하여 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 이해하게 한다. 산소에 의한 산화·환원 반응을 도입한 후, 전자의 이동으로 산화·환원 반응을 설명한다. 산과 염기는 산화·환원 반응의 결과만 들어지는 물질임을 이해시키고, 산과 염기의 중화 반응을 설명한다. 앞에서 학습한 옥텟 규칙, 수소 결합의 개념을 확장하여 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 분자들에 적용하여 봄으로써 창의적인 사고를 할 수 있게 지도한다.</p> <p>① 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화 환원 반응임을 이해한다. 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식 등의 화학 반응에 산소가 공통적으로 관여하고 있음을 설명하여, 산소에 관련된 산화·환원 반응을 이해하게 한다.</p>
화학 I - iv	교육과정 문서	<p>(1) 화학의 언어 (88쪽)</p> <p>(마) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.</p> <p>(4) 닳은꼴 화학반응 (90쪽)</p> <p>(마) 산과 염기의 중화 반응을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(1) 화학의 언어</p> <p>인류 문명의 발전과 관련된 대표적인 화학 반응을 소개함으로써, 화학이 우리의 삶과 아주 긴밀하게 연관되어 있음을 설명한다. 이러한 화학 반응들을 통해 화학의 세계에서 소통의 도구가 되는 원소, 원자, 분자, 화합물, 물 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다.</p> <p>⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하는 방법을 다루고, 화학 반응식에 포함된 의미를 이해하게 한다. 화학 반응식을 통하여 반응물질과 생성물질의 종류를 알고, 몰-질량, 몰-부피, 질량-부피 등의 양적 관계를 다룬다.</p> <p>(4) 닳은꼴 화학 반응</p> <p>생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어 화학 반응의 닳은 점을 찾아내고, 이를 통하여 산화·환원 반응과 산·염기</p>

		<p>반응을 이해하게 한다. 산소에 의한 산화·환원 반응을 도입한 후, 전자의 이동으로 산화·환원 반응을 설명한다. 산과 염기는 산화·환원 반응의 결과 만들어지는 물질임을 이해시키고, 산과 염기의 중화 반응을 설명한다. 앞에서 학습한 옥텟 규칙, 수소 결합의 개념을 확장하여 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 분자들에 적용하여 봄으로써 창의적인 사고를 할 수 있게 지도한다.</p> <p>⑤ 산과 염기의 중화 반응을 이해한다.</p> <p>산과 염기의 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 산과 염기의 반응에 의하여 물과 염이 생성됨을 이해시킨다. 모형이나 비유 등을 이용하여 산과 염기의 중화 반응에서 물이 생성될 때 수소 이온과 수산화 이온이 같은 몰씩 반응한다는 것을 이해하게 한다.</p>
--	--	--

나) 자료 출처

<제시문1>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	75-81
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	89-96
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	83-90
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	83-89

<제시문2>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	96-98
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	107-110
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	107-109
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	96-98

<제시문3>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	38-41
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	41-49
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	42-47
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	47-50

<제시문4>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	38-41, 240-244
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	41-49, 226-229
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	42-47, 220-222
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	47-50, 199-201

[화학I- i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	75-81
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	89-96
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	83-90
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	83-89

[화학I-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	96-98
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	107-110
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	107-109
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	96-98

[화학I-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	38-41, 206-217
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	41-49, 183-201
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	42-47, 197-202
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	47-50, 171-188

[화학 I-iv]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	38-41, 240-244
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	41-49, 226-245
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	42-47, 220-222
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	47-50, 199-201

5. 문항 해설

[화학I- i]

원자에 대한 전자 배치를 쌓음 원리에 따라 나타내고, 전자 배치에 따른 원자의 특성에 대한 이해를 할 수 있는지 묻는 문제이다.

[화학I-ii]

유효 핵전하, 전자 껍질의 수에 따른 원자 및 이온의 반지름의 크기의 특성을 이해할 수 있는지 묻는 문제이다.

[화학I-iii]

산화-환원 반응에 대해 화학 반응식으로 올바르게 나타내고 반응물 및 생성물 간의 양적 관계를 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 I-iv]

산 염기 중화 반응 등에 대해 화학 반응식으로 올바르게 나타내고 반응물 및 생성물 간의 양적 관계를 이해하는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
화학I- i	원자 번호 13번인 알루미늄의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이며 마지막 껍질의 전자 3개를 잃어 ($1s^2 2s^2 2p^6$ 전자배치의) Al^{3+} 가 되고 원자 번호 16번인 황의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이며 전자 2개를 얻어 마지막 껍질을 채워 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 전자배치의) S^{2-} 가 된다.	전자 배치 둘 다 맞으면 <u>2점</u> (그 외 0점)
		이온 형태 둘 다 맞으면 <u>2점</u>
화학I- ii	Al에 비해 S는 <u>유효 핵전하가 크므로</u> S의 반지름이 더 작으며, Al^{3+} 는 <u>전자 껍질이 하나 적으므로</u> 반지름이 가장 작다. 따라서 $Al > S > Al^{3+}$	설명이 맞으면 (밑줄 친 3개 키워드 서술) <u>3점</u> 순서 답이 맞으면 <u>4점</u>
화학I- iii	Al의 이온 형태가 Al^{3+} 임을 고려하여 해당 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $3Ag_2S + 2Al \rightarrow 6Ag + Al_2S_3$ 이다. Al_2S_3 의 화학식량은 150이다. 이 반응을 통해 은 21.6 g이 생성될 때 발생하는 Al_2S_3 은 $(21.6/108) \times (1/6) \times 150 = \underline{5 \text{ g}}$	화학식이 맞으면 <u>3점</u>
		5 g이 맞으면 <u>4점</u>
화학 I- iv	황화 은과 염산의 반응을 화학 반응식으로 나타내면, $Ag_2S + 2HCl \rightarrow 2AgCl + H_2S$ 이다. H_2S 와 NaOH의 반응을 화학 반응식으로 나타내면, $H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$ 이다. 황화은의 화학식량은 248이며 NaOH의 화학식량은 40이다. 황화 은 31 g으로 H_2S 를 중화시키기 위해 필요한 NaOH의 양은 $(31/248) \times 2 \times 40 = \underline{10 \text{ g}}$ 이다.	화학 반응식 2개가 맞으면 <u>3점</u>
		NaOH 양이 맞으면 <u>4점</u>

7. 예시 답안

[화학I- i]

원자 번호 13번인 알루미늄의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이며 마지막 껍질의 전자 3개를 잃어 ($1s^2 2s^2 2p^6$ 전자배치의) Al^{3+} 가 되고, 원자 번호 16번인 황의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ 이며, 전자 2개를 얻어 마지막 껍질을 채워 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 전자배치의) S^{2-} 가 된다.

[화학I- ii]

Al에 비하여 S는 유효 핵전하가 크므로, Al의 반지름이 더 크며, Al^{3+} 의 경우 전자 껍질의 수가 1개 적으므로 반지름이 가장 작다.

따라서 반지름 크기의 순은 $Al > S > Al^{3+}$ 이다.

[화학I- iii]

Al의 이온 형태가 Al^{3+} 임을 고려하여 해당 반응을 화학 반응식으로 나타내면 $3Ag_2S + 2Al \rightarrow 6Ag + Al_2S_3$ 이다. Al_2S_3 의 화학식량은 150이다.

이 반응을 통해 은 21.6 g이 생성될 때 발생하는 Al_2S_3 은 $(21.6/108) \times (1/6) \times 150 = \underline{5 \text{ g}}$

[화학 I-iv]

황화 은과 염산의 반응을 화학 반응식으로 나타내면, $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{AgCl} + \text{H}_2\text{S}$ 이다.

H_2S 와 NaOH 의 반응을 화학 반응식으로 나타내면, $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 이다.

황화은의 화학식량은 248이며 NaOH 의 화학식량은 40이다.

황화 은 31 g으로 H_2S 를 중화시키기 위해 필요한 NaOH 의 양은 $(31/248) \times 2 \times 40 = \underline{10}$ g이다.

⑥ 화학 II

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(화학 II)	
문항번호	화학 II - i ~ iv	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 II	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학II
	핵심개념 및 용어	연료전지, 반쪽 반응, 산의 이온화 상수, pH, 반응 속도식, 반응 속도 상수, 표준 생성 엔탈피
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

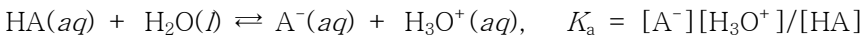
[화학 II] 다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [화학II-i]~[화학II-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

연료 전지는 공급된 연료를 산화시켜 화학 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다. 대표적인 연료 전지는 우주 왕복선에서 전력 공급원으로 사용된 수소-산소 연료 전지이다. 전해질로는 수소 이온이 통과할 수 있는 고분자 전해질막 또는 알칼리 수용액으로 구성된 전해질을 사용한다. 수소-산소 연료 전지의 전체 반응은 수소의 연소 반응과 같지만, 수소의 직접 연소 반응에 비해 에너지 효율이 높다.

<제시문2>

산 HA가 물에 녹아 이온화 평형을 이룰 때 산의 이온화 상수 K_a 는 다음과 같다.



수용액이 산성인지 염기성인지 쉽게 알아보고 표현하기 위하여 수소 이온 농도 지수 pH가 제안되었다. 용액의 pH는 다음과 같이 $[H_3O^+]$ 의 역수의 상용로그 값이다. $pH = \log(1/[H_3O^+]) = -\log[H_3O^+]$

<제시문3>

화학 반응의 속도는 단위 시간 동안에 감소한 반응물질의 농도나 증가한 생성물질의 농도로 나타낼 수 있다. 반응 속도식은 주어진 화학 반응이 반응물의 농도와 어떤 관련이 있는지를 보여 주는 식으로, 실험 속도식 또는 반응 속도 법칙이라고 한다. 반응 속도식은 반응에 따라 고유한 값을 가지는 반응 속도 상수(k)를 가진다.

<제시문4>

25°C, 1기압에 있는 성분 원소의 가장 안정한 홑원소 물질로부터 물질 1 몰이 생성될 때의 엔탈피 변화를 표준 생성 엔탈피 혹은 표준 생성열(ΔH_f°)이라고 한다.

[화학Ⅱ-i] 수소-산소 연료 전지에서 수소 기체 대신에 좀 더 저장이 편리한 메탄올이나 폼산(HCOOH)을 연료로 사용할 수 있다. 폼산-산소 연료 전지의 환원 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 수소-산소 연료 전지의 환원 전극에서 일어나는 반쪽 반응과 같다. 또한, 폼산-산소 연료 전지의 전체 반응은 폼산의 연소 반응과 같다. 이때, 산성 전해질 조건에서 폼산-산소 연료 전지의 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반쪽 반응을 각각 식으로 나타내시오.

[화학Ⅱ-ii] 25℃, 상온에서 폼산(HCOOH) 0.10 몰과 폼산 나트륨(NaHCOO) 0.20 몰을 물에 녹여 전체 1 L 수용액을 만들었다. 이 용액의 pH를 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, 25℃에서 폼산의 $K_a = 2.0 \times 10^{-4}$ 이다.)

[화학Ⅱ-iii] 기체 HI가 다음의 화학 반응식으로 해리된다.



특정 온도에서 HI의 초기 농도에 대한 반응 속도를 재었더니 다음과 같았다.

HI 초기농도 (M)	0.020	0.040	0.080
반응속도 (M/s)	0.060	0.24	0.96

이 반응의 반응 속도 상수(k)를 구하고, 그 근거를 논하시오.

[화학Ⅱ-iv] 문제 [화학Ⅱ-iii]에 제시된 화학 반응식의 해리 반응에 대해 25℃, 1 기압에서 정반응의 활성화 에너지(E_a)는 184 kJ, 역반응의 E_a 는 172 kJ 이라 하자. 이때, 25℃에서 HI(g)의 표준 생성 엔탈피 (ΔH°_f)를 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, 25℃에서 I₂(g)의 표준 생성 엔탈피는 62 kJ/mol이다.)

3. 출제 의도

화학 II 교과서 내용에 기반하여 물질의 변화와 에너지, 화학 평형, 화학 반응 속도 단원에 대한 기본적인 이해에 대해 묻고자 하였다. 특히, 전지에서의 산화-환원 반응의 반쪽 반응에 대한 이해, 평형 상수를 이용한 화학종의 농도의 유추, 반응 속도식의 이해 및 활성화 에너지와 표준 생성 엔탈피의 관계에 대한 이해를 할 수 있는지에 대해 묻고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
	교육과정 문서	(3) 화학 평형 (98쪽) (㉠) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.
제시문1	교육과정 해설서	(3) 화학 평형 일정 온도, 압력에서 화학 평형을 자유에너지의 변화가 없는, 그러나 동적인 상태로 설명하고, 평형 상수를 이용하여 상평형, 용해 평형 등에서 변화의 진행 방향을 예측할 수 있도록 지도한다. 화학 평형을 배움으로써 화학 반응의

		<p>방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다. 화학 평형의 개념을 이용하여 산-염기 중화 반응에서의 평형, 화학 전지, 연료 전지, 기분해의 원리 등을 이해하게 한다. 또한 화학 전지에서 두 전극 사이의 전위차와 산화-환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다.</p> <p>⑧ 화학 전지, 연료 전지, 전기분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.</p> <p>화학 전지, 연료 전지, 전기분해에서 일어나는 화학 반응을 제시하고, 화학 전지, 연료 전지, 전기분해의 원리를 전자의 이동이나 산화수의 변화를 사용하여 산화·환원 반응으로 설명한다. 이러한 반응에서 전기량과 물질의 변화량 사이의 관계를 알아보고, 이를 통해 화학 반응의 진행 정도를 이해하게 한다.</p>
제시문2	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (98쪽)</p> <p>(사) 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(3) 화학 평형</p> <p>일정 온도, 압력에서 화학 평형을 자유에너지의 변화가 없는, 그러나 동적인 상태로 설명하고, 평형 상수를 이용하여 상평형, 용해 평형 등에서 변화의 진행 방향을 예측할 수 있도록 지도한다. 화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다. 화학 평형의 개념을 이용하여 산-염기 중화 반응에서의 평형, 화학 전지, 연료 전지, 기분해의 원리 등을 이해하게 한다. 또한 화학 전지에서 두 전극 사이의 전위차와 산화-환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다.</p> <p>⑦ 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.</p> <p>산이나 염기의 평형에서 평형 상수가 이온화 상수임을 설명한다. 이온화 상수는 평형 상수이므로 농도와 무관하지만 이온화도는 반응 물질의 초기 농도에 따라 달라진다는 것을 알도록 한다. 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적인 세기를 이해하도록 한다.</p>
제시문3	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>(나) 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해</p>

		<p>하게 한다.</p> <p>② 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다. 시간에 따른 반응물이나 생성물의 농도 변화로부터 화학 반응 속도를 표현할 수 있음을 알게하고 반응 속도식을 소개한다.③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로서 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.⑤ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다.반응 물질보다 생성 물질의 엔탈피가 낮은 경우에도 반응이 일어나기 어려운 경우가 있음을 에너지 장벽의 개념을 도입하여 설명한다. 이때 다양한 그림 자료나 비유 등을 사용하여 이해시키면 학습 효과가 증대될 수 있다.</p>
제시문4	교육과정 문서	<p>(2) 물질 변화와 에너지 (97쪽)</p> <p>(가) 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다.</p> <p>(나) 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(2) 물질 변화와 에너지</p> <p>화학 반응에서 에너지 출입을 엔탈피의 변화로 나타내고, 열화학 반응에서의 엔탈피 변화를 결합 에너지와 관련지어 이해하게 한다. 헤스의 법칙을 이해하고 화학 반응에서 에너지가 보존됨을 알게 한다. 또한, 고립계에서의 자발적 변화의 방향을 설명하기 위하여 엔트로피를 도입한다. 엔탈피와 엔트로피를 이용하여 자유에너지의 의미를 정성적으로 이해시키고, 이를 이용하여 자발적 변화의 방향을 설명한다. 온도에 따른 자발적 변화의 방향을 이용하여 물질의 상변화를 설명하도록 한다.</p> <p>① 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다. 화학 반응에서 열이 방출되거나 흡수되는 것을 이해하도록 한다. 발열 반응과 흡열 반응에서 반응 물질과 생성 물질의 에너지 차이를 반응열과 관련지어 설명하도록 한다.</p> <p>② 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다. 열화학 반응에서의 반응열을 엔탈피로 나타내고, 결합에너지를 이용해서 엔탈피의 변화를 설명한다. 화학 반응이 일어나는 동안 방출 또는 흡수되는 열량은 반응 전후의 물질의 종류가 같으면 반응 경로와 관계없이 일정함을 알도록 한다.</p>
화학Ⅱ - i	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97-98쪽)</p> <p>(가) 일정한 온도, 압력에서 화학 평형을 자유 에너지의 변화가 없는 상태로 설명할 수 있다.</p> <p>(나) 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p>

		<p>(㉔) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.</p> <p>(㉕) 고체, 액체, 기체 사이의 동적 평형과 증기압의 의미를 이해하고 온도와 압력에 따른 물질의 상태를 도표로 나타낼 수 있다.</p> <p>(㉖) 용해 평형에서 용해도를 열역학적 관점에서 설명하고 온도와 압력에 따라 용해도가 변한다는 사실을 설명할 수 있다.</p> <p>(㉗) 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다.</p> <p>(㉘) 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.</p> <p>(㉙) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(3) 화학 평형</p> <p>일정 온도, 압력에서 화학 평형을 자유에너지의 변화가 없는, 그러나 동적인 상태로 설명하고, 평형 상수를 이용하여 상평형, 용해 평형 등에서 변화의 진행 방향을 예측할 수 있도록 지도한다. 화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다. 화학 평형의 개념을 이용하여 산-염기 중화 반응에서의 평형, 화학 전지, 연료 전지, 기분해의 원리 등을 이해하게 한다. 또한 화학 전지에서 두 전극 사이의 전위차와 산화-환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다.</p> <p>⑧ 화학 전지, 연료 전지, 전기분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다. 화학 전지, 연료 전지, 전기분해에서 일어나는 화학 반응을 제시하고, 화학 전지, 연료 전지, 전기분해의 원리를 전자의 이동이나 산화수의 변화를 사용하여 산화·환원 반응으로 설명한다. 이러한 반응에서 전기량과 물질의 변화량 사이의 관계를 알아보고, 이를 통해 화학 반응의 진행 정도를 이해하게 한다.</p>
화학Ⅱ-ii	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97-98쪽)</p> <p>(㉖) 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다.</p> <p>(㉘) 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(3) 화학 평형</p> <p>일정 온도, 압력에서 화학 평형을 자유에너지의 변화가 없는, 그러나 동적인 상태로 설명하고, 평형 상수를 이용하여 상평형, 용해 평형 등에서 변화의 진행 방향을 예측할 수 있도록 지도한다. 화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다. 화학 평형의 개념을 이용하여 산-염기 중화 반응에서의 평형, 화학 전지, 연료 전지, 기분해의 원리 등을 이해하게 한다. 또한 화학 전지에서 두 전극 사이의 전위차와 산화-환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다.</p> <p>⑥ 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다. 산과 염기의 중화 반응에서 양적 관계를 산의 가수, 몰농도 등을 사용하여 설명한다. 브린</p>

		<p>스테드-로우리의 산과 염기의 개념을 도입하고, 짝산-짝염기의 개념을 화학 평형과 관련지어 이해하도록 한다. 공통 이온 효과에 의하여 산-염기의 평형이 이동하는 현상을 설명하고, 산과 염기의 중화 반응에 의하여 생성된 염이 가수분해되어 수용액이 산성이나 염기성 또는 중성을 띠게 됨을 이해하도록 한다.</p> <p>⑦ 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적 세기를 설명할 수 있다. 산이나 염기의 평형에서 평형 상수가 이온화 상수임을 설명한다. 이온화 상수는 평형 상수이므로 농도와 무관하지만 이온화도는 반응 물질의 초기 농도에 따라 달라진다는 것을 알도록 한다. 이온화도와 이온화 상수를 이용하여 산과 염기의 상대적인 세기를 이해하도록 한다.</p>
화학Ⅱ-iii	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>(나) 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>② 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다. 시간에 따른 반응물이나 생성물의 농도 변화로부터 화학 반응 속도를 표현할 수 있음을 알게 하고 반응 속도식을 소개한다.</p> <p>③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로써 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.</p> <p>⑤ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다. 반응 물질보다 생성 물질의 엔탈피가 낮은 경우에도 반응이 일어나기 어려운 경우가 있음을 에너지 장벽의 개념을 도입하여 설명한다. 이때 다양한 그림 자료나 비유 등을 사용하여 이해시키면 학습 효과가 증대될 수 있다.</p>

화학Ⅱ-iv	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>㉞ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다.</p> <p>(2) 물질 변화와 에너지 (97쪽)</p> <p>㉞ 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다.</p> <p>㉞ 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다. 화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>⑤ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다. 반응 물질보다 생성 물질의 엔탈피가 낮은 경우에도 반응이 일어나기 어려운 경우가 있음을 에너지 장벽의 개념을 도입하여 설명한다. 이때 다양한 그림 자료나 비유 등을 사용하여 이해시키면 학습 효과가 증대될 수 있다.</p> <p>(2) 물질 변화와 에너지</p> <p>화학 반응에서 에너지 출입을 엔탈피의 변화로 나타내고, 열화학 반응에서의 엔탈피 변화를 결합 에너지와 관련지어 이해하게 한다. 헤스의 법칙을 이해하고 화학 반응에서 에너지가 보존됨을 알게 한다. 또한, 고립계에서의 자발적 변화의 방향을 설명하기 위하여 엔트로피를 도입한다. 엔탈피와 엔트로피를 이용하여 자유에너지의 의미를 정성적으로 이해시키고, 이를 이용하여 자발적 변화의 방향을 설명한다. 온도에 따른 자발적 변화의 방향을 이용하여 물질의 상변화를 설명하도록 한다.</p> <p>① 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 설명할 수 있다. 화학 반응에서 열이 방출되거나 흡수되는 것을 이해하도록 한다. 발열 반응과 흡열 반응에서 반응 물질과 생성 물질의 에너지 차이를 반응열과 관련지어 설명하도록 한다.</p> <p>② 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다. 열화학 반응에서의 반응열을 엔탈피로 나타내고, 결합에너지를 이용해서 엔탈피의 변화를 설명한다. 화학 반응이 일어나는 동안 방출 또는 흡수되는 열량은 반응 전후의 물질의 종류가 같으면 반응 경로와 관계없이 일정함을 알도록 한다.</p>

나) 자료 출처

<제시문1>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	211-212
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	181-183
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	198-199
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	188-189

<제시문2>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	180-197
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	162-171
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	165-175
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	165-172

<제시문3>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	234-255
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	206-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	221-233
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	205-224

<제시문4>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	91
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	87
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	89
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	91

[화학 II- i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	211-212
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	181-183
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	198-199
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	188-189

[화학 II-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	180-197
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	162-171
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	165-175
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	165-172

[화학 II-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	234-255
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	206-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	221-233
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	205-224

[화학 II-iv]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	91-96, 238-241
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	87-92, 221-225
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	89-95, 231-233
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	91-98, 97-98

5. 문항 해설

[화학 II- i]

연료 전지의 산화-환원 반응의 전체 반응식을 이해하고 산화 전극 및 환원 전극에 일어나는 반쪽 반응을 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 II-ii]

산의 이온화 상수의 의미와 평형 상수를 이용한 화학종의 농도 결정 및 pH 값에 대한 이해를 묻는 문제이다.

[화학 II-iii]

반응 속도식을 올바르게 유도하고 반응 속도 상수의 의미에 대해서 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 II-iv]

화학 반응의 활성화 에너지, 반응 엔탈피 및 표준 생성 엔탈피에 대한 이해를 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
화학 II- i	예시답안	전체 반응은 HCOOH의 연소 반응 ($\text{HCOOH} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)과 같으며 반쪽 반응으로 나타내면, 산화 전극: $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ 환원 전극: $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 이다.	6점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 산화 전극 반쪽 반응이 맞으면 3점 부여 ● 환원 전극 반쪽 반응이 맞으면 3점 부여 	
화학 II-ii	예시답안	K_a 를 이용하여 H_3O^+ 의 농도를 구할 수 있다. $\begin{array}{ccccccc} \text{HCOOH} & + & \text{H}_2\text{O} & \rightleftharpoons & \text{HCOO}^- & + & \text{H}_3\text{O}^+ \\ 0.10 & & & & 0.20 & & \\ -x & & & & +x & & x \\ \text{평형농도는 } 0.10-x & & & & 0.20+x & & x \end{array}$ <p>따라서, $K_a = 2.0 \times 10^{-4} = [(0.20+x) \times x] / (0.10-x)$ x값이 매우 작은 값이므로 $0.20x / 0.10 = 2.0 \times 10^{-4}$ $x = 10^{-4}$, 따라서, $\text{pH} = -\log 10^{-4} = 4$</p>	6점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 풀이과정이 맞으면 3점 부여 ● 답이 맞으면 3점 부여 	

화학 II-iii	채점준거	반응 속도식을 구하면 반응속도(M/s)= $k[HI]^x$ [HI]가 2배 증가하면 반응속도는 4배 증가하므로 반응속도(M/s)= $k[HI]^2$ 이다. 반응 속도 상수는 $k=(6.0 \times 10^{-2})/(0.02)^2=150 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$	6점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 반응속도 식이 맞으면 3점 ● 반응속도 상수가 맞으면 3점 	
	유의사항	반응속도 상수 단위가 틀리면 0점 처리	
화학 II-iv	예시답안	$2\text{HI}(g) \rightarrow \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ 의 정반응의 활성화 에너지는 184 kJ, 역반응의 활성화 에너지는 172 kJ이므로 반응 엔탈피는 $184-172 = 12 \text{ kJ}$ 이다. $\text{HI}(g)$ 의 생성 반응의 화학 반응식은 $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(s) \rightarrow \text{HI}(g)$ 이다. $2\text{HI}(g) \rightarrow \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 12 kJ $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(g) \rightarrow \text{HI}(g)$ 반응 엔탈피 -6 kJ (eq.1) $\text{I}_2(s) \rightarrow \text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 62 kJ $1/2\text{I}_2(s) \rightarrow 1/2\text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 31 kJ (eq.2) 따라서, $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(s) \rightarrow \text{HI}(g)$ 의 반응 엔탈피는 eq.1 + eq.2 = $-6 + 31 = 25 \text{ kJ}$ 따라서 $\text{HI}(g)$ 의 표준 생성 엔탈피는 25 kJ/mol 이다.	7점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 왼쪽 반응 eq1 eq2로 표시된 것이 둘다 맞으면 3점 ● $\text{HI}(g)$의 표준 생성 엔탈피 값이 맞으면 4점 	

7. 예시 답안

[화학 II- i]

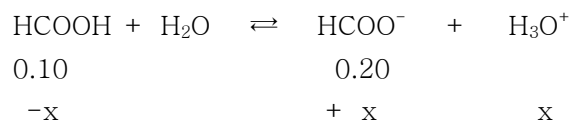
전체 반응은 HCOOH 의 연소 반응($\text{HCOOH} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)과 같으며 반쪽 반응으로 나타내면,

산화 전극: $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

환원 전극: $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ 이다.

[화학 II-ii]

평형 상수 K_a 를 이용하여 H_3O^+ 의 농도를 구할 수 있다.



평형에서의 농도는 $0.10-x$ $0.20+x$ x

따라서, $K_a = 2.0 \times 10^{-4} = [(0.20+x) \times x] / (0.10-x)$

x 값이 매우 작은 값이므로 $0.20x/0.10 = 2.0 \times 10^{-4}$

$x = 10^{-4}$

따라서, $\text{pH} = -\log 10^{-4} = 4$

[화학 II-iii]

반응 속도식을 구하면 반응속도(M/s)= $k[HI]^x$

[HI]가 2배 증가하면 반응속도는 4배 증가하므로 반응속도(M/s)= $k[HI]^2$ 이다.

반응 속도 상수는 $k=(6.0 \times 10^{-2})/(0.02)^2=150 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$

[화학 II-iv]

$2\text{HI}(g) \rightarrow \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ 의 정반응의 활성화 에너지는 184 kJ, 역반응의 활성화 에너지는 172 kJ이므로 반응 엔탈피는 $184-172 = 12 \text{ kJ}$ 이다.

HI(g)의 생성 반응의 화학 반응식은 $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(s) \rightarrow \text{HI}(g)$ 이다.

$2\text{HI}(g) \rightarrow \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 12 kJ

$1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(g) \rightarrow \text{HI}(g)$ 반응 엔탈피 -6 kJ eq.1

$\text{I}_2(s) \rightarrow \text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 62 kJ

$1/2\text{I}_2(s) \rightarrow 1/2\text{I}_2(g)$ 반응 엔탈피 31 kJ eq.2

따라서, $1/2\text{H}_2(g) + 1/2\text{I}_2(s) \rightarrow \text{HI}(g)$ 의 반응 엔탈피는

eq.1 + eq.2 = -6 + 31 = 25 kJ

따라서 HI(g)의 표준 생성 엔탈피는 25 kJ/mol 이다.

⑦ 생명과학 I

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(생명과학 I)	
문항번호	생명과학 I - i ~ iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학 I	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	면역계, 체액성 면역, 항원, 항체, 혈액형
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [생명과학 I-i] ~ [생명과학 I-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

병원체가 체내에 침입하면 이를 물리치기 위해 면역 반응이 일어난다. 면역 반응은 T 림프구에 의한 세포성 면역과 B 림프구에 의한 체액성 면역으로 구분된다. B 림프구는 T 림프구의 도움으로 형질 세포와 기억 세포로 분화된다. 항체는 감마-글로불린이라고 하는 단백질로 되어 있으며, Y자 모양의 윗부분이 항원과 결합하는 곳이다. 항체는 특정 항원에만 작용하고 다른 항원과 반응하지 않는데 이것을 항원·항체 반응의 특이성이라고 한다. 이러한 면역 반응의 원리를 이용하여 질병을 예방하기 위한 방법이 백신 접종이다. 백신 접종은 질병의 원인이 되는 병원균을 약하게 만들거나 비활성화시킨 백신을 몸속에 투입하는 것이다.

<제시문2>

사람의 ABO식 혈액형은 면역 반응인 항원·항체 반응을 이용하여 판정하는 것이다. 사람의 적혈구에는 항원으로 작용하는 응집원이 있고 혈장에는 응집원에 대해 항체로 작용하는 응집소가 들어 있다.

[생명과학 I - i] 외계 생명체 <성균>에 존재하는 혈액형은 지구의 사람에서 발견되는 ABO식 혈액형과 비슷하게 항원·항체 반응을 이용하여 판정할 수 있었다. 여러 개체의 <성균>에서 적혈구와 혈청을 각각 분리한 후 조합하여 섞었을 때의 응집 반응을 조사하여 아래 표를 얻었다. 이 결과는 <성균>에 존재하는 모든 종류의 혈액형을 포함한다. 모두 몇 가지의 혈액형이 <성균>에 존재하는지 응집원과 응집소의 가짓수를 이용하여 논하시오.

구분	적혈구 1	적혈구 2	적혈구 3	적혈구 4	적혈구 5	적혈구 6	적혈구 7	적혈구 8	적혈구 9	적혈구 10
혈청 1	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+
혈청 2	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
혈청 4	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 5	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
혈청 6	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+
혈청 7	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 8	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
혈청 9	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(+, 응집됨; -, 응집안됨)

[생명과학 I - ii] 외계 생명체 <성균>의 면역계를 연구한 결과 지구 생물의 면역계와 비슷하다는 것을 발견하였다. 독성이 약화된 두 가지 병원균 (가)와 (나)를 <성균>에 주사하고 시간에 따른 <성균>의 혈중 항체 농도를 측정하여 아래 표를 얻었다. (단, 농도의 단위는 무시하며 병원균은 1일과 14일에 주사하였다.)

시간(일)	1	3	7	10	14	17	21	24	28
병원균 (가)에 대한 항체 농도(상댓값)	0	3	4.5	3.5	0.5	3.5	5.5	4	2.5
병원균 (나)에 대한 항체 농도(상댓값)	0	4	6	5	2	7	11	9	8

이 실험 결과 <성균>의 면역계에는 기억 세포는 전혀 없고 형질 세포는 있다는 결론에 도달하였다. 이러한 결론이 올바른지 판단하고, 그 근거를 그래프를 이용하여 논하시오.

[생명과학 I - iii] 독성이 약화된 병원균 (나)를 외계 생명체 <성균>에 주사하였다. 1주 후, <성균>에서 혈액을 채취하여 혈청을 분리한 뒤 냉장고에 보관하였다. 그런데 보관 중인 혈청의 일부를 실수로 끓는 물속에 5분 정도 방치하였다. 유전적으로 동일하고 병원균 (나)에 노출된 적이 없는 <성균> (1)과 (2)를 준비하였다. <성균> (1)에 정상적으로 보관된 혈청을 주사하고 1일 후, 독성이 유지된 병원균 (나)로 감염시켰을 때 <성균> (1)은 살았다. <성균> (2)에 실수로 끓는 물속에 방치되었던 혈청을 주사하고 1일 후, 독성이 유지된 병원균 (나)로 감염시켰더니 <성균> (2)는 죽었다. <성균> (1)이 살고 <성균> (2)가 죽은 이유를 서술하고, 그 근거를 논하시오. (단, 제시된 실험 내용 이외의 모든 조건은 동일하다.)

3. 출제 의도

본 문제에서는 질병을 일으키는 병원체에 대항하는 방어 작용 중 항원·항체 반응에 의한 면역 작용의 이해도를 평가하고자 하였다. 면역계에 의한 방어 작용 중 병원체 종류에 특이적인 방어 작용인 2차 방어 작용에서는 항원·항체 반응이 핵심을 이룬다. 또한 항원·항체 반응을 이용하여 사람의 혈액형을 판정할 수 있다. 사람의 ABO식 혈액형 판정 방식의 기본인 항원·항체 반응의 원리를 깊이 있게 이해하고 있는지 평가하고자 하였다. 체액성 면역에서는 두 가지 종류의 세포가 기능한다. 형질 세포는 항체를 형성하고 기억 세포는 항원이 제거된 이후에도 면역계에 남아 똑같은 항원이 다시 침입하면 이를 기억하고 있다가 빠르게 대량으로 형질 세포와 기억 세포를 만들어 항원을 제거한다. 이러한 면역 반응의 원리를 이용하여 질병을 예방하기 위한 방법이 백신 접종이다. 기억 세포와 형질 세포의 특징에 대한 이해를 바탕으로 실험 자료를 해석할 수 있는 능

력을 평가하고자 하였다. 항체는 단백질로 되어 있으며 이러한 단백질의 구조는 온도에 따라 변성될 수 있고 이렇게 되면 항원을 인식할 수 없다는 원리를 이해하고 이에 근거하여 가상적 실험 결과를 해석할 수 있는 능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(3) 항성성과 건강(106쪽) (다) 방어 작용 ③항원·항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	교육과정 해설서	(43쪽) 병원체에 대항하는 우리 몸의 2차 방어 작용을 이해하게 한다. 이를 위해 항원, 항체, 항원 항체 반응 등의 개념과 혈액과 림프에서 일어나는 특이적 면역 작용을 다룬다.
제시문2	교육과정 문서	(3) 항성성과 건강(106쪽) (다) 방어 작용 ③항원·항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	교육과정 해설서	(43쪽) 병원체에 대항하는 우리 몸의 2차 방어 작용을 이해하게 한다. 이를 위해 항원, 항체, 항원 항체 반응 등의 개념과 혈액과 림프에서 일어나는 특이적 면역 작용을 다룬다.
생명과학 I-i	교육과정 문서	(3) 항성성과 건강(106쪽) (다) 방어 작용 ③항원·항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	교육과정 해설서	(43쪽) 병원체에 대항하는 우리 몸의 2차 방어 작용을 이해하게 한다. 이를 위해 항원, 항체, 항원 항체 반응 등의 개념과 혈액과 림프에서 일어나는 특이적 면역 작용을 다룬다.
생명과학 I-ii	교육과정 문서	(3) 항성성과 건강(106쪽) (다) 방어 작용 ③항원·항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	교육과정 해설서	(43쪽) 병원체에 대항하는 우리 몸의 2차 방어 작용을 이해하게 한다. 이를 위해 항원, 항체, 항원 항체 반응 등의 개념과 혈액과 림프에서 일어나는 특이적 면역 작용을 다룬다.
생명과학 I-iii	교육과정 문서	(3) 항성성과 건강(106쪽) (다) 방어 작용 ③항원·항체 반응에 의한 면역 작용을 이해한다.
	교육과정 해설서	(43쪽) 병원체에 대항하는 우리 몸의 2차 방어 작용을 이해하게 한다. 이를 위해 항원, 항체, 항원 항체 반응 등의 개념과 혈액과 림프에서 일어나는 특이적 면역 작용을 다룬다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명 과학I	박희송 외	교학사	2016	185-192
	생명 과학I	심규철 외	비상교육	2016	190-198
	생명 과학I	이길재 외	상상아카데미	2016	172-181
	생명 과학I	이준규 외	천재교육	2016	166-175
기타	수능특강 생명 과학I	백승용 외	EBS	2016	148-159

5. 문항 해설

제시문의 내용은 인체의 방어 작용에서 기능하는 항원·항체 반응에 대한 과정을 기술한 것으로 고등학교 생명 과학I의 내용에서도 다루어지고 있는 내용으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 제시된 항원·항체 반응의 원리와 이를 이용한 백신 접종 및 혈액형 판정 원리에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 문항에 제시된 자료를 해석하고 분석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
생명과학 I-i	채점 요소	항원·항체 반응을 이용한 혈액형 판정 방식을 이해하고 있는가?	10
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> 응집원과 응집소의 가짓수를 정확하게 기술하면 5점 혈액형의 가짓수를 정확하게 기술하면 5점 	
	유의 사항	혈액형의 명명법을 반드시 “ABCO식”으로 할 필요는 없음	
생명과학 I-ii	채점 요소	기억 세포와 형질 세포의 개념을 알고 있는가?	5
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> 그래프를 정확하게 기술하면 3점 기억 세포가 존재한다는 근거를 정확하게 기술하면 2점 	
	유의 사항	그래프의 X축(시간) 및 Y축(항체 농도)는 바뀌어도 상관없음	
생명과학 I-iii	채점 요소	항체 구조와 기능 사이의 상관관계를 이해하고 있는가?	10
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> 혈청 내에 있는 항체가 가열에 의해 변성되었다는 것을 서술하면 4점 <성균> (1)의 생존 이유를 기술하면 3점 <성균> (2)의 사망 이유를 기술하면 3점 	
	유의 사항	예시 답안의 그림 작성은 필수 사항은 아님	

7. 예시 답안

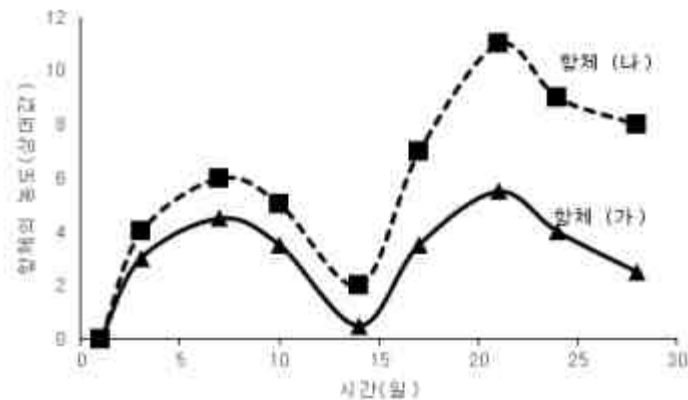
[생명과학 I-i]

문제에서 주어진 표를 분석하면 외계 생명체 <성균>의 10 개체에서 분리한 적혈구 10개, 혈청 10개 중에서 중복된 경우가 적혈구 2 종류(적혈구 3과 적혈구 9는 같은 종류임), 혈청 2 종류(혈청 2와 혈청 9는 같은 종류임) 존재함을 알 수 있다. 문제에서 표에 나온 조합이 <성균>에 존재하는 모든 종류의 혈액형을 포함한다고 하였으므로 가능한 고유한 적혈구 및 혈청의 종류는 각각 8 종류가 나온다. 응집원 3가지(A, B, C)와 응집소 3가지(a, b, g)를 가정하고 사람의 ABO식 혈액형을 조합하는 방식을 적용하면 <성균>에 존재하는 혈액형의 가짓수는 8가지이다. 혈액형(ABCO형으로 임의적으로 명명함)에 따른 항원항체반응은 다음 표와 같다.

(응집소) 항체 (응집소) 항체		적혈구 1	적혈구 2	적혈구 3	적혈구 4	적혈구 5	적혈구 6	적혈구 7	적혈구 8	적혈구 9	적혈구 10
		B	A	AB	O	ABC	C	AC	BC	AB	ABC
혈청 1	α	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+
혈청 2	α, γ	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 3	없음	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
혈청 4	β, γ	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 5	γ	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
혈청 6	β	+	-	+	-	+	-	-	+	+	+
혈청 7	α, β, γ	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 8	α, β	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
혈청 9	α, γ	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
혈청 10	없음	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[생명과학 I-ii]

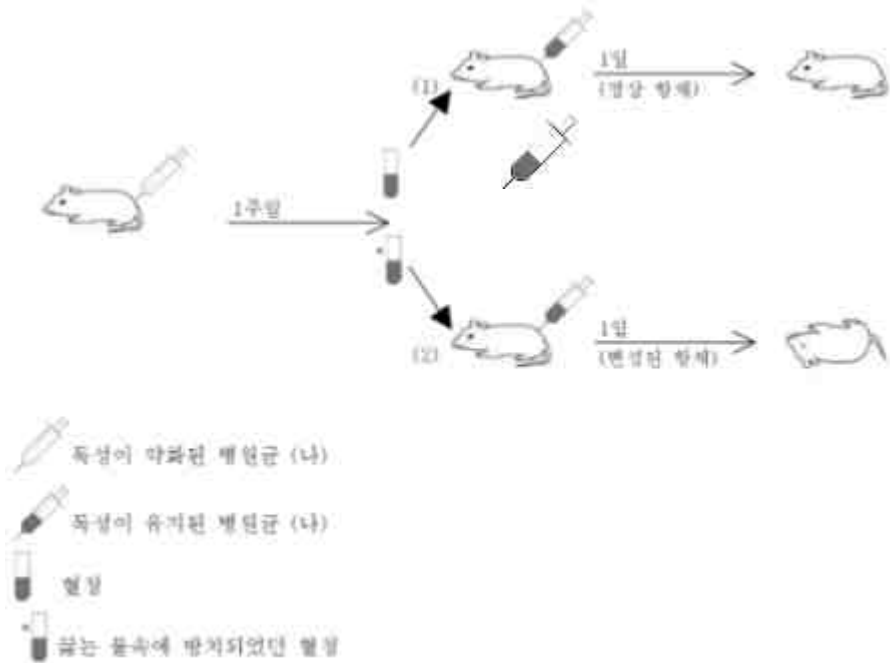
문제에서 제시된 실험 결과를 그래프로 표현하면 다음과 같다.



1일과 14일 2회에 걸쳐 항원을 주사하고 난 후 일정 기간 후에 항체의 농도가 증가하였다가 감소하는 것으로 보아 형질 세포가 존재함을 알 수 있다. 병원균 (가)에 대한 항체 (가)와 병원균 (나)에 대한 항체 (나)의 경우 공통적으로 2차 항원 주사 후 항체의 최고 농도가 1차 항원 주사 때의 값보다 증가함을 알 수 있다. 비록 그 증가의 정도는 다르지만 항체 (가)와 (나) 공통적으로 기억 세포 생성에 의한 2차 면역 반응의 특징을 보이고 있다. 따라서 결론 중 기억 세포가 전혀 존재하지 않는다는 부분은 틀린 결론이다. 올바른 결론은 “외계 생명체 <성균>의 면역계에는 기억 세포와 형질 세포는 모두 있다”라고 할 수 있다.

[생명과학 I-iii]

문제에서 제시된 실험을 정리하면 다음과 같다. 편의상 외계 생명체 <성균>을 쥐로 표시하였다.



혈청이 끓는 물에 담가져 있는 동안 가열이 되면 혈청 안에 있는 항체의 입체 구조가 변성이 된다. 그 결과로 끓는 물속에 방치되었던 혈청 안에 있는 항체는 그 기능을 잃게 되어 병원균의 감염에 대항할 수 없게 되었다. 정상적인 혈청 안에 있는 항체는 병원균의 감염에 대항할 수 있다. 따라서 <성균> (1)는 정상적인 항체를 가지게 되어 살고 <성균> (2)는 변성된 항체를 가지게 되어 죽었다.

⑧ 생명과학Ⅱ

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(생명과학Ⅱ)	
문항번호	생명과학Ⅱ -i~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학Ⅱ	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	효소, 반응 속도, 활성화부위, 저해제
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [생명과학Ⅱ-i] ~ [생명과학Ⅱ-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

물질대사가 일어날 때 효소는 특정 물질과 결합하여 그 물질의 활성화 에너지를 낮춘다. 이때 효소와 결합하는 반응물을 기질이라고 한다. 기질은 효소의 특정 부위에 결합하는데, 이 부위를 활성화부위라고 한다. 효소는 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성한다. 효소와 기질이 결합하고 있는 동안 기질은 생성물로 변하게 된다. 생성물이 만들어지면 효소는 효소·기질 복합체로부터 분리되어 또 다른 반응에 참여하게 된다.

<제시문2>

화학 반응이 진행되면 반응 물질의 농도는 감소하고 생성 물질의 농도는 증가한다. 시간에 따른 반응 물질의 농도 변화량, 혹은 시간에 따른 생성 물질의 농도 변화량으로 나타낸 것을 반응 속도라고 한다. 효소가 관여하는 화학 반응의 속도는 기질 농도의 영향을 받는다. 효소의 반응 속도는 효소·기질 복합체가 많이 만들어질수록 빨라지므로 기질의 농도가 증가하면 효소의 반응 속도도 증가한다. 그러나 효소가 기질에 의해 포화되면 더 이상 반응 속도는 증가하지 않고 일정해진다.

[생명과학Ⅱ-i] 효소 E의 기질의 농도에 따른 반응 속도를 측정하여 아래 표를 얻었다. (단, 모든 실험에서 단위는 무시한다.)

기질 농도	1	5	15	30	50	100
반응 속도	3.3	10.0	15.0	17.1	18.2	19.0

같은 기질에 대해서 결합이 더욱 잘 일어나도록 효소 E의 활성화부위를 개량하였다. 개량된 효소 E-better의 반응 속도는 원래의 효소 E의 반응 속도와 달라질 것이라고 예상할 수 있다. 원래의 효소 E와 개량된 효소

E-better에 의한 반응 속도 변화 추이를 그래프를 이용하여 나타내고, 그 근거를 논하시오. (단, 실험에 사용한 효소 E와 효소 E-better의 농도 및 반응 속도의 최댓값은 동일하며, 모든 실험은 같은 온도와 pH에서 수행되었다.)

[생명과학Ⅱ-ii] 문제 [생명과학Ⅱ-i]에서 서술한 효소 E에 화합물 A, B를 첨가하여 실험을 수행하였다. 표 <실험 1-1>, <실험 1-2>는 화합물 A를 두 가지 다른 농도로 첨가하였을 때의 결과이다. 표 <실험 2-1>, <실험 2-2>는 화합물 B를 두 가지 다른 농도로 첨가하였을 때의 결과이다. (단, 모든 실험에서 단위는 무시하며, 모든 실험은 동일한 온도와 pH에서 수행되었고 효소의 농도는 같다.)

<실험 1-1>

기질 농도	1	5	15	30	50	100
반응 속도	1.8	6.7	12.0	15.0	16.7	18.2

<실험 1-2>

기질 농도	1	5	15	30	50	100
반응 속도	1.0	4.0	8.6	12.0	14.3	16.7

<실험 2-1>

기질 농도	1	5	15	30	50	100
반응 속도	1.7	5.0	7.5	8.6	9.1	9.5

<실험 2-2>

기질 농도	1	5	15	30	50	100
반응 속도	0.8	2.5	3.8	4.3	4.5	4.8

기질의 농도를 변화시켰을 때 반응 속도를 회복할 수 있는 화합물은 어느 쪽인지 결정하고, 그 근거를 그래프를 이용하여 논하시오.

[생명과학Ⅱ-iii] 효소 E의 구조를 변화시켜 반응 속도를 측정하였다. 화합물 A를 첨가하였더니 문제 [생명과학Ⅱ-ii]의 표 <실험1-1>, <실험1-2>와 동일한 결과를 얻었으나 화합물 B는 더 이상 반응 속도에 영향을 주지 않았다. 이러한 실험 결과의 이유를 설명하고, 그 근거를 화합물 B가 효소 E에 결합하는 부위의 구조를 고려하여 논하시오. (단, 모든 실험은 동일한 온도와 pH에서 수행되었고 효소의 농도는 같다.)

3. 출제 의도

본 문제에서는 효소가 관여하는 화학 반응의 속도와 저해제에 대한 기본 개념을 충실하게 이해하고 있는지를 평가하고자 하였다. 효소의 농도가 일정할 때 반응 속도는 기질 농도의 영향을 받는다. 이 때 반응 속도가 빨라지는 것은 기질 분자가 효소의 활성부위에 결합하는 빈도가 증가하기 때문이다. 이러한 기본 개념을 바탕으로 가상의 개량 효소에 대해 반응 속도의 변화 추이를 이해하는지를 묻고자 하였다. 효소와 결합하여 효소의 작용을 억제하는 물질을 저해제라고 하며 이 저해제는 다시 효소에 결합하는 부위에 따라 활성부위에 경쟁적으로 결합하는 경쟁적 저해제와 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합하여 효소의 활성 부위의 구조를 변형시키는 비경쟁적 저해제로 나뉜다. 이 두 가지 종류의 저해제를 가상의 실험 결과를 바탕으로 추론하고 그 작용 기작을 구별하는 능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(1) 세포와 물질 대사(113쪽) (가) 세포의 특성 ④ 효소의 구조와 특성을 이해한다.
	교육과정 해설서	(47쪽) 효소의 특성, 효소의 구조와 종류, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 등을 다룸으로써 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응이 효소에 의해 조절됨을 이해하게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(1) 세포와 물질 대사(113쪽) (가) 세포의 특성 ④ 효소의 구조와 특성을 이해한다.
	교육과정 해설서	(47쪽) 효소의 특성, 효소의 구조와 종류, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 등을 다룸으로써 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응이 효소에 의해 조절됨을 이해하게 한다.
생명과학Ⅱ-i	교육과정 문서	(1) 세포와 물질 대사(113쪽) (가) 세포의 특성 ④ 효소의 구조와 특성을 이해한다.
	교육과정 해설서	(47쪽) 효소의 특성, 효소의 구조와 종류, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 등을 다룸으로써 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응이 효소에 의해 조절됨을 이해하게 한다.
생명과학Ⅱ-ii	교육과정 문서	(1) 세포와 물질 대사(113쪽) (가) 세포의 특성 ④ 효소의 구조와 특성을 이해한다.
	교육과정 해설서	(47쪽) 효소의 특성, 효소의 구조와 종류, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 등을 다룸으로써 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응이 효소에 의해 조절됨을 이해하게 한다.
생명과학Ⅱ-iii	교육과정 문서	(1) 세포와 물질 대사(113쪽) (가) 세포의 특성 ④ 효소의 구조와 특성을 이해한다.
	교육과정 해설서	(47쪽) 효소의 특성, 효소의 구조와 종류, 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인 등을 다룸으로써 생물체 내에서 일어나는 여러 가지 화학 반응이 효소에 의해 조절됨을 이해하게 한다.

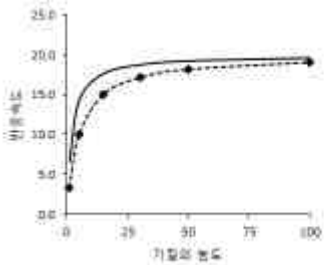
나) 자료 출처

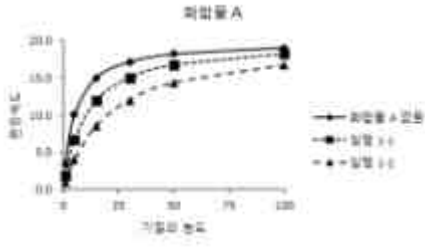
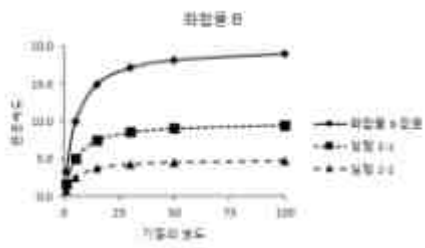
참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명 과학Ⅱ	권혁빈 외	교학사	2016	48-59
	생명 과학Ⅱ	심규철 외	비상교육	2016	54-67
	생명 과학Ⅱ	이길재 외	상상아카데미	2016	46-55
	생명 과학Ⅱ	이준규 외	천재교육	2016	43-51
기타	수능특강 생명 과학Ⅱ	허해룡 외	EBS	2016	41-51

5. 문항 해설

제시문의 내용은 효소의 기본적인 개념과 효소가 관여하는 화학 반응의 속도에 대한 과정을 기술한 것으로 고등학교 생명 과학Ⅱ의 내용에서도 다루어지고 있는 내용으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 제시된 효소의 작용 방법에 대한 이해, 기질의 농도에 따른 반응 속도의 변화의 개념을 이용하여 문항을 구성하여 효소의 반응 속도의 변화 및 화합물(저해제)에 대한 반응 속도 저하와 효소의 구조 변화의 원리에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 문항에 제시된 자료를 해석하고 분석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6. 채점 기준

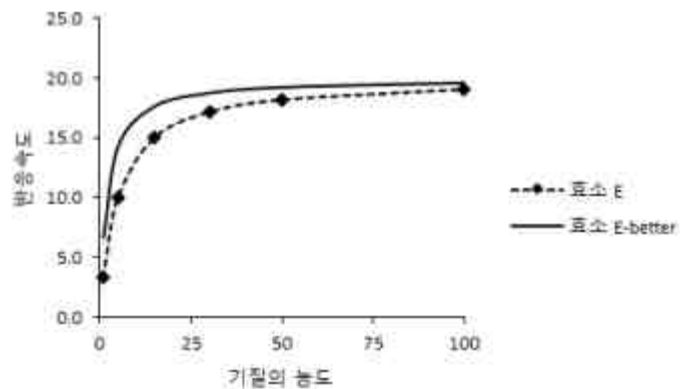
하위 문항	채점 기준		배점
생명과학 Ⅱ-i	채점 요소	효소에 의한 반응 속도의 원리를 잘 이해하고 있는가?	10
	예시 답안	<p>효소 E-better는 효소 E보다 기질에 더 잘 결합한다고 하였으므로 주어진 기질의 농도에서 효소 E보다 반응 속도가 더 빠르게 된다. 효소 E-better의 농도와 효소 E의 농도가 동일하고 반응 속도의 최댓값도 동일하다고 하였으므로 기질 농도의 증가에 따라 반응 속도가 포화되는 정도도 동일하다. 따라서 효소 E-better의 반응 속도는 기질의 농도가 낮을 때에는 효소 E의 반응 속도보다 빠르면 기질의 농도가 높을 때에는 효소 E의 반응 속도와 같게 된다. 이를 그래프로 정리하면 다음과 같다.</p> 	
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> • 기질의 농도가 낮을 때 효소 E-better의 반응 속도가 효소 E의 반응 속도보다 빠르다고 서술하면 3점 • 기질의 농도가 높을 때 효소 E-better와 효소 E의 반응 속도가 같다고 서술하면 2점 • 그래프에서 기질의 농도가 낮을 때 E-better의 선이 E의 선보다 위쪽에 위치하면 3점 • 그래프에서 기질의 농도가 높을 때 E-better의 선과 E의 선이 동일하거나 거의 비슷하면 2점 	
	유의 사항	• 그래프가 없으면 0점	
생명과학 Ⅱ-ii	채점 요소	저해제의 두 가지 종류를 반응 속도 그래프의 추이에 근거하여 구분할 수 있는가?	10
	예시 답안	<실험 1-1>, <실험1-2>의 실험 결과와 문제 [생명과학 Ⅱ-i]에서 제시된 효소 E의 자료를 함께 그래프로 표현하면 다음과 같다.	

생명과화학 II-iii		 <p><실험 2-1>, <실험 2-2>의 실험 결과와 문제 [생명과화학 II-i]에서 제시된 효소 E의 자료를 함께 그래프로 정리하면 다음과 같다.</p>  <p>화합물이 첨가되지 않은 경우와 비교해서 보면 화합물 A, B는 모두 효소 E에 대한 저해제임을 알 수 있다. 반응속도 변화 추이에 근거할 때 화합물 A는 경쟁적 저해제, 화합물 B는 비경쟁적 저해제이다. 경쟁적 저해제인 화합물 A는 기질의 농도를 충분히 높이면 저해 효과가 상쇄됨을 그래프를 통해서 알 수 있다. 따라서 화합물 A가 문제에서 제시한 조건에 맞는 화합물이다.</p>	5
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> • 화합물 A와 B에 의한 반응 속도 변화 추이를 그래프로 올바르게 표시하면 5점 • 화합물 A의 경우 그래프에서 기질의 농도를 충분히 높이면 저해 효과를 상쇄할 수 있다고 서술하면 5점 	
	유의 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 그래프에서 화합물이 존재하지 않을 때 효소 E의 반응 속도 추이를 그리지 않고 화합물 A의 두 가지 농도에 대한 추이만 그리면 3점 • 그래프에서 화합물이 존재하지 않을 때 효소 E의 반응 속도 추이를 그리지 않고 화합물 B의 두 가지 농도에 대한 추이만 그리면 3점 	
	채점 요소	비경쟁적 저해제의 작용 원리를 이해하고 있는가?	
	예시 답안	<p>화합물 B는 효소 E에 대한 비경쟁적 저해제이다. 문제에서 효소 E의 구조를 변화시켰을 때 화합물 B가 작용하지 않는다고 하였으므로 비경쟁적 저해제가 결합하는 활성부위가 아닌 부위(알로스테릭 부위)에 구조적인 변화가 있어났다고 추정할 수 있다. 같은 실험에서 경쟁적 저해제인 화합물 A는 효소 E의 기능 변화를 초래하지 않았으므로 효소 E의 활성부위의 구조에는 변화가 없다고 추정할 수 있다.</p>	
	채점 준거	<ul style="list-style-type: none"> • 화합물 B가 효소 E의 활성 부위가 아닌 부위에 결합해서 작용한다는 점을 서술하면 3점 • 효소 E의 활성부위의 구조에는 변화가 없다는 점을 서술하면 2점 	
	유의 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 화합물 B가 “비경쟁적 저해제”라는 표현을 적시하지 않아도 효소 E의 활성부위가 아닌 부위에 결합하여 작용한다는 취지로 서술하면 인정 	

7. 예시 답안

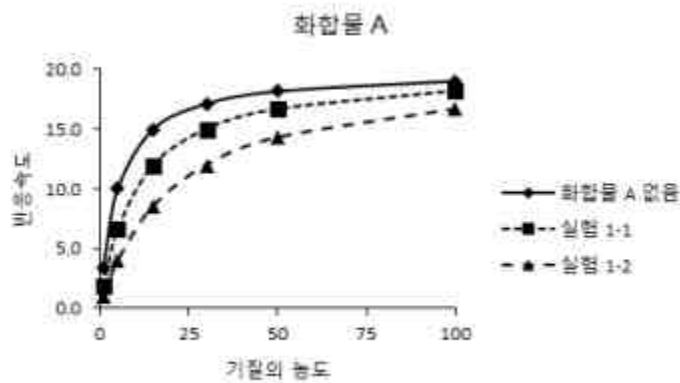
[생명과학 II-i]

효소 E-better는 효소 E보다 기질에 더 잘 결합한다고 하였으므로 주어진 기질의 농도에서 효소 E보다 반응 속도가 더 빠르게 된다. 효소 E-better의 농도와 효소 E의 농도가 동일하고 반응 속도의 최댓값도 동일하다고 하였으므로 기질 농도의 증가에 따라 반응 속도가 포화되는 정도도 동일하다. 따라서 효소 E-better의 반응 속도는 기질의 농도가 낮을 때에는 효소 E의 반응 속도보다 빠르면 기질의 농도가 높을 때에는 효소 E의 반응 속도와 같게 된다. 이를 그래프로 정리하면 다음과 같다.

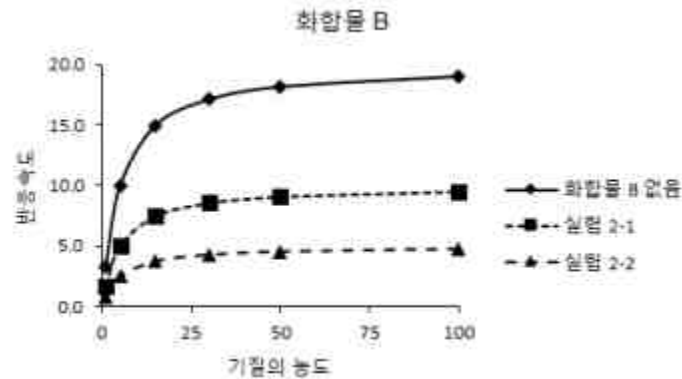


[생명과학 II-ii]

<실험 1-1>, <실험 1-2>의 실험 결과와 문제 [생명과학 II-i]에서 제시된 효소 E의 자료를 함께 그래프로 표현하면 다음과 같다.



<실험 2-1>, <실험 2-2>의 실험 결과와 문제 [생명과학 II-i]에서 제시된 효소 E의 자료를 함께 그래프로 정리하면 다음과 같다.



화합물이 첨가되지 않은 경우와 비교해서 보면 화합물 A, B는 모두 효소 E에 대한 저해제임을 알 수 있다. 반응속도 변화 추이에 근거할 때 화합물 A는 경쟁적 저해제, 화합물 B는 비경쟁적 저해제이다. 경쟁적 저해제인 화합물 A는 기질의 농도를 충분히 높이면 저해 효과가 상쇄됨을 그래프를 통해서 알 수 있다. 따라서 화합물 A가 문제에서 제시한 조건에 맞는 화합물이다.

[생명과학 II-iii]

화합물 B는 효소 E에 대한 비경쟁적 저해제이다. 문제에서 효소 E의 구조를 변화시켰을 때 화합물 B가 작용하지 않는다고 하였으므로 비경쟁적 저해제가 결합하는 활성부위가 아닌 부위(알로스테릭 부위)에 구조적인 변화가 있어났다고 추정할 수 있다. 같은 실험에서 경쟁적 저해제인 화합물 A는 효소 E의 기능 변화를 초래하지 않았으므로 효소 E의 활성부위의 구조에는 변화가 없다고 추정할 수 있다.

(2) 2교시

① 수학 문제1

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목) / 문항번호	자연계(수학) / 수학1- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	원의 방정식, 급수
	핵심개념 및 용어	수열의 극한, 등비급수, 원의 방정식
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[수학 1] 다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [수학 1 - i] ~ [수학 1 - ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

(1) 아래 그림과 같이 $\overline{OA_1}=2$, $\overline{A_1B_1}=1$ 인 직각삼각형 OA_1B_1 이 주어져 있다.

(2) 중심이 선분 OA_1 위에 위치하고 점 A_1 을 지나며 선분 OB_1 에 접하는 반원을 C_1 이라 하고 그 반지름을 r_1 이라 한다.

(3) 반원 C_1 과 선분 OA_1 이 만나는 점 중 A_1 이 아닌 점을 A_2 라 하고, A_2 를 지나고 선분 OA_1 에 수직인 직선이 선분 OB_1 과 만나는 점을 B_2 라 한다. 직각삼각형 OA_2B_2 에서 중심이 선분 OA_2 위에 위치하고 점 A_2 를 지나며 선분 OB_2 에 접하는 반원을 C_2 라 하고 그 반지름을 r_2 라 한다.

(4) 반원 C_2 와 선분 OA_2 가 만나는 점 중 A_2 가 아닌 점을 A_3 이라 하고, A_3 을 지나고 선분 OA_2 에 수직인 직선이 선분 OB_2 와 만나는 점을 B_3 이라 한다. 직각삼각형 OA_3B_3 에서 중심이 선분 OA_3 위에 위치하고 점 A_3 을 지나며 선분 OB_3 에 접하는 반원을 C_3 이라 하고 그 반지름을 r_3 이라 한다.

(5) 이와 같은 방법으로 반원 C_1, C_2, C_3, \dots 을 계속하여 그려 나갈 때 n 번째에 그려지는 반원 C_n 의 넓이를 S_n 이라고 한다.

<제시문2>

등비급수 $\sum_{n=1}^{\infty} ar^{n-1} = a + ar + ar^2 + ar^3 + \dots$ ($a \neq 0$)은 $-1 < r < 1$ 일 때 수렴하고 그 합은 $\frac{a}{1-r}$ 이다.

[수학 1 - i] S_1 의 값을 구하고, 그 이유를 논하시오.

[수학 1 - ii] 급수 $\sum_{n=1}^{\infty} S_n$ 의 합을 구하고, 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

반복되어 나타나는 패턴을 파악하고 이를 수식화 하여 그 패턴의 정보를 수학적으로 이해하는 것은 이과 과정 대학 수학 능력의 필수적인 요소라 할 수 있다. 본 문제는 삼각형 내부에 접하는 반원 들의 패턴을 파악하고 이의 넓이를 구하는 과정을 등비 급수의 문제로 수식화 하여 수학적으로 해결할 수 있는지를 평가하는 문제이다. 본 문제는 고교 교과과정 중 원의 방정식, 등비급수에서 출제 되었다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문1	교육과정	수학 I (가) 도형의 방정식③ 원의 방정식 ① 원의 방정식을 구할 수 있다. ② 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.
	성취기준·성취수준	수학 I (3) 도형의 방정식(다) 원의 방정식 ①원의 방정식을 구할 수 있다 성취기준: 수학1332-1 원의 방정식을 구할 수 있다 성취수준: 하: 원의 방정식의 표준형12)으로부터 중심의 좌표와 반지름의 길이를 구할 수 있다. ②좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다. 성취기준: 수학1332-2. 좌표평면에서 원의 접선의 방정식을 구할 수 있다 성취수준: 중: 원의 접선의 방정식을 구할 수 있다
제시문2	교육과정	미적분 I (가) 수열의 극한 ② 급수 ④등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. ⑤등비급수를 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.
	성취기준·성취수준	미적분 I (1) 수열의 극한 (나) 급수 ② 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. 성취기준: 미적1122. 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. 성취수준: 상: 등비급수의 합을 구할 수 있다.
수학1- i	교육과정	수학 I (가) 도형의 방정식③ 원의 방정식 ③ 원의 방정식을 구할 수 있다. ④ 좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.
	성취기준·성취수준	수학 I (3) 도형의 방정식 (다) 원의 방정식 ①원의 방정식을 구할 수 있다 성취기준: 수학1332-1 원의 방정식을 구할 수 있다

		<p>성취수준: 하: 원의 방정식의 표준형(12)으로부터 중심의 좌표와 반지름의 길이를 구할 수 있다.</p> <p>②좌표평면에서 원과 직선의 위치 관계를 이해한다.</p> <p>성취기준: 수학1332-2. 좌표평면에서 원의 접선의 방정식을 구할 수 있다</p> <p>성취수준: 중: 원의 접선의 방정식을 구할 수 있다</p>
수학1-ii	교육과정	<p>미적분 I (가) 수열의 극한 ② 급수</p> <p>④등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.</p> <p>⑤등비급수를 활용하여 여러 가지 문제를 해결할 수 있다.</p>
	성취기준·성취수준	<p>미적분 I (1) 수열의 극한 (나) 급수</p> <p>② 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.</p> <p>성취기준: 미적1122. 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.</p> <p>성취수준: 상: 등비급수의 합을 구할 수 있다.</p>

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분 I	황선옥 외 10인	좋은책 신사고	2016.03.01	12-42
	미적분 I	우정호 외 24인	동아출판사	2016.03.01	10-55
	미적분 I	이강섭 외 14인	미래엔	2016.03.01	11-44
	수학 I	우정호 외 24인	동아출판사	2016.03.01	184-201
	수학 I	황선옥 외 10인	좋은책 신사고	2016.03.01	146-155

5. 문항 해설

[수학1-i] 삼각형의 비례관계, 혹은 원의 접선을 이용하여 주어진 반원의 넓이를 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[수학1-ii] 반복되는 반원들 사이의 넓이 관계를 파악하고 이를 이용하여 등비급수의 값을 구할수 있는지 평가하는 문제이다.

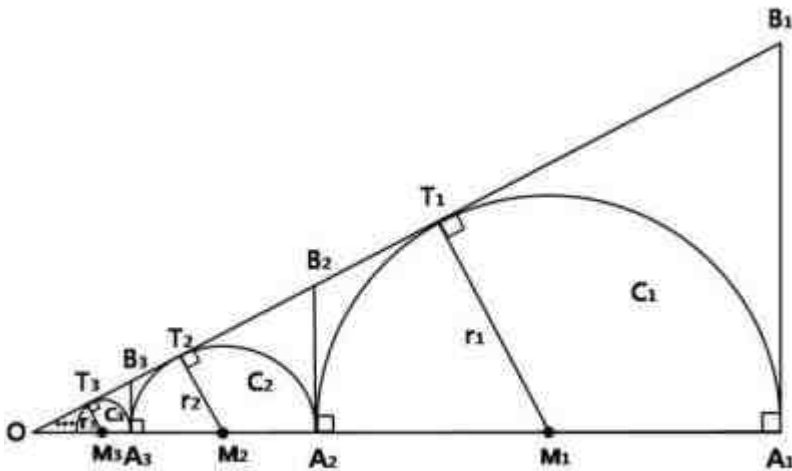
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
수학1- i	삼각형 사이의 비례관계를 파악할 수 있다.	$\overline{OB_1} : \overline{A_1B_1} = \overline{OM_1} : \overline{M_1T_1}$	5
	이를 이용하여 반원의 반지름을 얻어낼 수 있다.	$r_1 = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$	4
	반원의 넓이를 구할 수 있다	$S_1 = \frac{1}{2} \times \pi \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 = \left(\frac{3-\sqrt{5}}{4} \right) \pi$	3

수학1-ii	삼각형 사이의 비례관계를 파악할 수 있다.	$r_1 : r_2 = \overline{OM_1} : \overline{OM_2} = 2 - r_1 : 2 - 2r_1 - r_2$	5
	S_n 을 수식으로 표현할 수 있다.	$S_n = \pi \left(\frac{3 - \sqrt{5}}{4} \right) \left(\frac{7 - 3\sqrt{5}}{2} \right)^{n-1}$	4
	제시문 2를 이용하여 등비급수의 합을 구할 수 있다.	$\sum_{n=1}^{\infty} S_n = \frac{\pi \frac{3 - \sqrt{5}}{4}}{1 - \left(\frac{7 - 3\sqrt{5}}{2} \right)} = \frac{\pi \sqrt{5}}{10}$	4

7. 예시 답안

[수학1-i] 아래 그림과 같이 C_n 의 중심을 M_n , C_n 이 선분 $\overline{OB_n}$ 과 접하는 접점을 T_n 라 하자.



$\overline{B_1T_1} = \overline{B_1A_1}$ 이므로 $\overline{OT_1} = \sqrt{5} - 1$ 이고 $\overline{OM_1} = 2 - r_1$ 이다.

삼각형 OA_1B_1 과 삼각형 OT_1M_1 의 닮음을 이용하여 $\overline{OB_1} : \overline{A_1B_1} = \overline{OM_1} : \overline{M_1T_1}$ 이다.

즉 $\sqrt{5} : 1 = 2 - r_1 : r_1$ 를 얻고 이르 풀면 $r_1 = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 를 얻는다.

따라서 $S_1 = \frac{1}{2} \times \pi \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 = \left(\frac{3-\sqrt{5}}{4} \right) \pi$

[수학1-ii]

$\overline{B_1T_1} = \overline{B_1A_1}$ 이므로 $\overline{OT_1} = \sqrt{5} - 1$ 이고 $\overline{OM_1} = 2 - r_1$ 이다.

삼각형 OT_1M_1 과 삼각형 OT_2M_2 의 닮음을 이용하여 $r_1 : r_2 = \overline{OM_1} : \overline{OM_2} = 2 - r_1 : 2 - 2r_1 - r_2$ 이다.

즉 $\frac{\sqrt{5}-1}{2} : r_2 = \frac{5-\sqrt{5}}{2} : 3-\sqrt{5}-r_2$ 를 얻고 이를 풀면 $r_2 = \sqrt{5}-2$ 가 됨을 알 수 있다.

따라서 $\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{5}-2}{\frac{\sqrt{5}-1}{2}} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}$ 가 된다.

이 비율은 r_3, r_4, r_5, \dots 에서도 마찬가지로 유지되므로 수열 $\{r_n\}$ 은 초항 $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 이고 공비가 $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$ 인 등비수열임을 알 수 있다.

따라서 $r_n = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2} \right)^{n-1}$ 이고

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{1}{2} \pi r_n^2 && \text{가 된다.} \\ &= \frac{\pi}{2} \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 \left\{ \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2} \right)^2 \right\}^{n-1} \\ &= \pi \left(\frac{3-\sqrt{5}}{4} \right) \left(\frac{7-3\sqrt{5}}{2} \right)^{n-1} \end{aligned}$$

따라서 제1문 2에 의해서 $\sum_{n=1}^{\infty} S_n = \frac{\pi \frac{3-\sqrt{5}}{4}}{1 - \left(\frac{7-3\sqrt{5}}{2} \right)} = \frac{\pi}{2\sqrt{5}} = \frac{\pi\sqrt{5}}{10}$

(별해)

[수학 1-i]

O를 원점으로 하고 $\overline{OA_1}$ 를 x 축으로 가지는 좌표 평면을 생각하자. 반원 C_n 의 중심을 $(a_n, 0)$ 라 하면 반원 C_1 과 직선 $\overline{OB_1}$ 를 다음 과 같이 나타낼 수 있다

$$\begin{aligned} C_1 : (x-a_1)^2 + y^2 &= r_1^2 \\ \overline{OB_1} : y &= \frac{1}{2}x \end{aligned}$$

C_1 이 점 $A_1(2,0)$ 을 지나므로 $(2-a_1)^2 + 0^2 = r_1^2$ 를 얻는다. 그런데 $0 < a_1 < 2$ 이므로

$$2-a_1 = r_1 \quad \text{------(1)}$$

한편 C_1 는 \overline{OB} 에 접하므로 $\frac{|a_1 - 2 \cdot 0|}{\sqrt{1+2^2}} = r_1$ 를 얻고, $0 < a_1 < 2$ 이므로

$$a_1 = \sqrt{5} r_1 \quad \text{------(2) 가 된다.}$$

(1), (2)를 풀면 $r_1 = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$, $a_1 = \frac{5-\sqrt{5}}{2}$ 을 얻는다.

따라서 $S_1 = \frac{1}{2} \times \pi \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 = \left(\frac{3-\sqrt{5}}{4} \right) \pi$

[수학1-ii]

(1-i)로부터 $A_2(3-\sqrt{5}, 0)$ 임을 알 수 있다. 이제 C_2 의 중점을 $(a_2, 0)$ 라 두고 (1-i)의 경우와 같은 방법으로

$3-\sqrt{5}-a_2 = r_2$, $\frac{a_2}{\sqrt{5}} = r_2$ 를 얻고 이를 풀면, $r_2 = \sqrt{5}-2$ 가 됨을 알 수 있다.

따라서 $\frac{r_2}{r_1} = \frac{\frac{\sqrt{5}-2}{2}}{\frac{\sqrt{5}-1}{2}} = \frac{3-\sqrt{5}}{2}$ 가 된다.

이 비율은 r_3, r_4, r_5, \dots 에서도 마찬가지로 유지되므로 수열 $\{r_n\}$ 은 초항 $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$ 이고 공비가 $\frac{3-\sqrt{5}}{2}$ 인 등비수열임을 알 수 있다.

따라서 $r_n = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2} \right)^{n-1}$ 이고

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{1}{2} \pi r_n^2 \quad \text{가 된다.} \\ &= \frac{\pi}{2} \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^2 \left\{ \left(\frac{3-\sqrt{5}}{2} \right)^2 \right\}^{n-1} \\ &= \pi \left(\frac{3-\sqrt{5}}{4} \right) \left(\frac{7-3\sqrt{5}}{2} \right)^{n-1} \end{aligned}$$

따라서 제시문 2에 의해서 $\sum_{n=1}^{\infty} S_n = \frac{\pi \frac{3-\sqrt{5}}{4}}{1 - \left(\frac{7-3\sqrt{5}}{2} \right)} = \frac{\pi}{2\sqrt{5}} = \frac{\pi\sqrt{5}}{10}$

② 수학 문제2

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목) / 문항번호	자연계(수학) / 수학2- i ~iii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	직선의 방정식, 타원의 방정식, 평면좌표, 도함수의 활용
	핵심개념 및 용어	직선의 방정식, 타원의 방정식, 최대 최소.
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[수학 2] 다음 <제시문>을 읽고 [수학 2 - i] ~ [수학 2 -iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문>

아래 그림과 같이 타원 $E: \frac{x^2}{2} + y^2 = 1$ 위의 한 점 $P(a, b)$ (단, $-1 \leq a \leq 1$, $\frac{1}{\sqrt{2}} \leq b \leq 1$)를 잡고, 점 P 와 타원 E 의 두 초점 F', F 를 연결한 직선이 직선 $y = -1$ 과 만나는 점을 각각 Q, R 이라 한다.

[수학 2 - i] 선분 QR의 길이를 a 에 대한 식으로 나타내고, 그 이유를 논하시오.

[수학 2 -ii] 삼각형 PQR의 넓이를 b 에 대한 식으로 나타내고, 그 이유를 논하시오.

[수학 2 -iii] 삼각형 PQR의 넓이의 최솟값을 구하고, 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

기하학적 정보를 수식화 하여 해결할 수 있는 것은 것은 과학, 공학 등 이와 과정 전반에 걸쳐 필수적으로 요구되는 능력이다. 본 문항은 타원 위의 점, 두 점을 지나는 직선, 직선의 교점 등의 주어진 기하학적 관계들을 수식으로 표현할 수 있는지, 그리고 이러한 수식화를 이용하여 필요한 기하학적 정보 - 선분의 길이, 도형의 넓이, 넓이의 최솟값 -를 수학적으로 이끌어낼 수 있는지를 평가하는 문제이다. 본 문제는 고교 교과 과정 중 직선의 방정식, 타원의 방정식, 평면좌표, 도함수의 활용에서 출제되었다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문	교육과정	[기하와 벡터] (가) 평면곡선 ㉠ 이차곡선 ② 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. [수학 I] (다) 도형의 방정식 ㉡ 직선의 방정식 ① 여러 가지의 직선의 방정식을 구할 수 있다 [기하와 벡터] (가) 평면곡선 ㉠ 이차곡선 ①타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다
	성취기준·성취수준	[수학 I] (3)도형의 방정식 (나) 직선의 방정식 ① 여러 가지의 직선의 방정식을 구할 수 있다 성취기준: 수학1321. 여러 가지 직선의 방정식을 구할 수 있다 성취수준: 중: 한 정점을 지나고 기울기가 주어진 직선의 방정식을 구할 수 있다. [기하와 벡터] (1) 평면 곡선 (가) 이차곡선 ②타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다 성취기준: 기백1112. 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. 성취수준: 중: 간단한 타원2)의 방정식, 초점과 꼭짓점의 좌표, 장축과 단축의 길이를 구할 수 있다
수학2-i	교육과정	[수학 I] (다) 도형의 방정식 ㉡ 직선의 방정식 ① 여러 가지의 직선의 방정식을 구할 수 있다
	성취기준·성취수준	[수학 I] (3)도형의 방정식 (나) 직선의 방정식 ① 여러 가지의 직선의 방정식을 구할 수 있다 성취기준: 수학1321. 여러 가지 직선의 방정식을 구할 수 있다 성취수준: 중:

		한 정점을 지나고 기울기가 주어진 직선의 방정식을 구할 수 있다.
수학2-ii	교육과정	[수학 I] (다) 도형의 방정식 ① 평면좌표 ① 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다 성취기준: 수학1311. 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다. 성취수준: 중: 좌표평면 위의 임의의 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다
	성취기준·성취수준	[수학 I] (3) 도형의 방정식 (가) 평면좌표 ① 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다
수학2-iii	교육과정	[미적분 I] (다) 다항함수의 미분법 ③ 도함수의 활용 ③ 함수의 증가와 감소, 극대와 극소를 판정하고 설명할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분 I] (3) 다항함수의 미분법 (다) 도함수의 활용 ③ 함수의 증가, 감소, 극대와 극소를 판정하고 설명할 수 있다 성취기준:미적1333. 함수의 증가, 감소 극대와 극소를 판정하고 설명할 수 있다. 성취수준 중: 다항함수의 극대, 극소를 판정할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	기하와 벡터	이준열 외 9인	천재교육	2016.03.01	17-22
	기하와 벡터	류희찬 외 17인	천재교과서	2016.03.01	18-21
	기하와 벡터	우정호 외 24인	동아출판사	2016.03.01	18-23
	수학 I	우정호 외 24인	동아출판사	2016.03.01	164-182
	수학 I	황선옥 외 1인	좋은책 신사고	2016.03.01	130-144

5. 문항 해설

[수학2-i] 타원의 초점의 정의, 삼각형의 비례관계를 이용하여 선분의 길이를 수식으로 나타낼 수 있는지를 평가한다.

[수학2-ii] 주어진 기하학적 정보를 수식화 하여 삼각형의 넓이를 수식으로 나타낼 수 있는지를 평가한다.

[수학2-iii] 위에서 얻어진 식으로부터 최솟값을 도출할 수 있는지를 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
수학2- i	비례관계 파악 5점	$\overline{PG} : \overline{PH} = \overline{F'F} : \overline{QR}$	10점
	선분 QR을 a에 관한 식으로 제시 5점	$\overline{QR} = 2 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}} \right)$	
수학2- ii	선분 QR을 b로 표현 3점	$\overline{QR} = 2 + \frac{2}{b}$	9점
	선분 PH를 b로 표현 3점	$\overline{PH} = \overline{PG} + \overline{GH} = b + 1$	

	S를 b로 표현 3점	$S = 2 + b + \frac{1}{b}$	
수학2-iii	최솟값 4를 도출 3점		6점
	이때 b가 문제의 조건을 만족함을 보임 3점		

7. 예시 답안

[수학2-i]

점 P에서 직선 $y = -1$ 에 내린 수선의 발을 H, 선분 \overline{PH} 와 x 축과의 교점을 G라 하자.

삼각형의 닮음에 의해 $\overline{PG} : \overline{PH} = \overline{F'F} : \overline{QR}$

즉 $\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}} : 1 + \sqrt{1 - \frac{a^2}{2}} = 2 : \overline{QR}$ 가 성립한다.

이를 풀면 $\overline{QR} = 2 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}} \right)$

(별해) [수학2-i]

$P(a, \sqrt{1 - a^2/2})$, $F'(-1, 0)$, $F(1, 0)$ 이므로 $\overline{PF'}$ 의 방정식은

$$y = \frac{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}} - 0}{a + 1}(x + 1) - 0 = \frac{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}}{a + 1}(x + 1)$$

이를 $y = -1$ 과 연립하면 Q의 x 좌표는 $-1 - \frac{a+1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}}$ 임을 알 수 있다.

마찬가지로 하면 R의 x 좌표는 $1 - \frac{a-1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}}$

$$\begin{aligned} \text{따라서 } \overline{QR} &= 1 - \frac{a-1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}} - \left(-1 - \frac{a+1}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}} \right) \\ &= 2 + \frac{2}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}} \end{aligned}$$

[수학2-ii]

$b = \sqrt{1 - \frac{a^2}{2}}$ 이므로 [2-ii]에 의해 $\overline{QR} = 2 + \frac{2}{b}$ 가 된다.

또한, $\overline{PH} = \overline{PG} + \overline{GH} = b + 1$ 이므로 삼각형 PQR의 넓이를 S라 하면

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{1}{2} \overline{PH} \times \overline{QR} && \text{가 된다.} \\
 &= \frac{1}{2} (1+b) \times 2 \left(1 + \frac{1}{b} \right) \\
 &= 2 + b + \frac{1}{b}
 \end{aligned}$$

[수학2-iii]

산술 기하 평균에 의해

$$S = 2 + b + \frac{1}{b} \geq 2 + 2\sqrt{b \times \frac{1}{b}} = 4 \text{ 이 됨을 알 수 있고}$$

우변의 등호는 $b = \frac{1}{b}$ 일 때, 즉 $b = 1$ 일 때 성립하며

이때 P의 지표는 P (0, 1)가 되어 문제의 조건을 만족한다.

③ 물리 I

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(물리 I)	
문항번호	물리 I - i, ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리(물리 I, 물리 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 I
	핵심개념 및 용어	원자 모형, 전자, 에너지 준위, 전이 돌림힘, 알짜힘, 지레의 원리, 역학적 평형
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[물리 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [물리 I - i] ~ [물리 I - ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

높은 에너지 준위 E_m 에 있던 전자가 낮은 에너지 준위 E_n 으로 전이 될 때, 방출되는 빛의 진동수 f 는 다음과 같이 쓸 수 있다. $hf = E_m - E_n$ (단, h 는 플랑크 상수이다.)

<제시문2>

어떤 물체에 힘이 나 돌림힘(토크)이 작용하고 있음에도 불구하고 알짜힘과 돌림힘의 합이 모두 0이라면, 이 물체는 어떤 운동도 하지 않는 상태에 있게 된다. 이때 물체는 역학적 평형 상태에 놓여 있다고 한다.

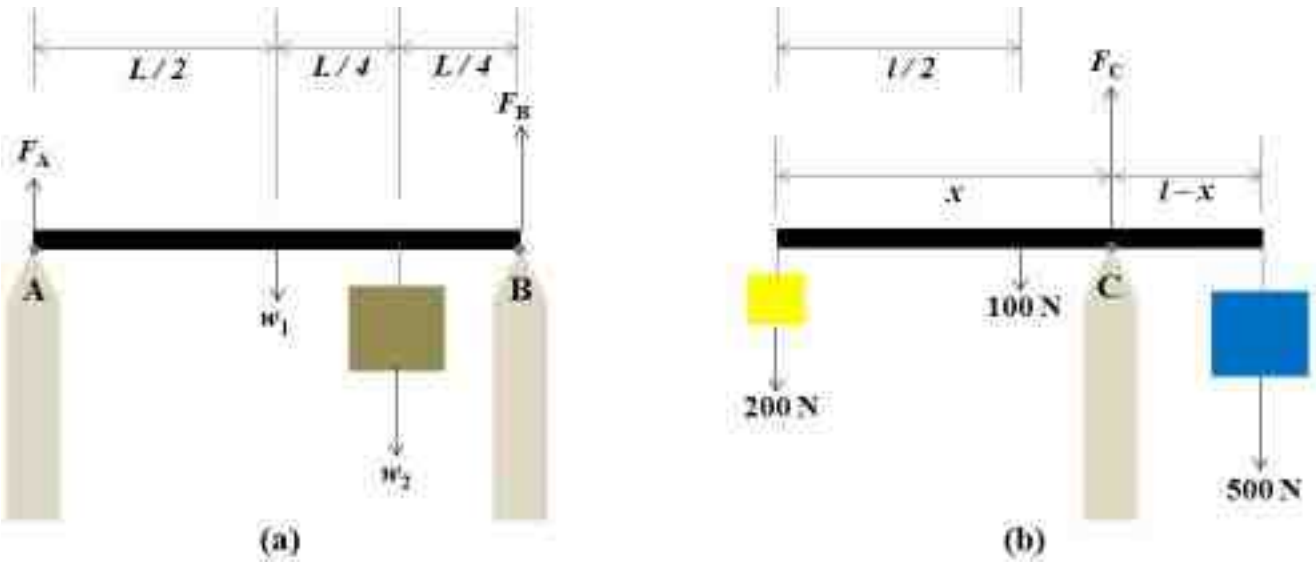
[물리 I - i] 덴마크 물리학자 닐스 보어는 원자핵을 중심으로 전자가 돌고 있으며, 전자는 특정 궤도에서 원운동 한다는 원자 모형을 제안하였다. 이에 따르면, 양자수 n 인 전자의 에너지는 $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ 로 나타낼 수 있다. (단, E_0 은 바닥상태에서의 에너지의 크기로 양의 상수이다.) 수소 원자의 스펙트럼은 크게 자외선 영역(라이먼 계열), 가시광선 영역(발머 계열), 적외선 영역(파셴 계열)에서 형성된다.

(가) 라이먼 계열인 자외선 스펙트럼은 $n > 1$ 에 있는 들뜬 상태의 전자가 $n = 1$ 인 궤도로 전이할 때 발생된다. 이 때, 라이먼 계열의 스펙트럼 중에서 파장이 가장 긴 자외선의 파장을 E_0 , h , c 를 이용하여 표시하고, 그 이유를 설명하시오. (단, c 는 빛의 속도이다.)

(나) 발머 계열의 스펙트럼 중에서 가질 수 있는 가장 높은 진동수를 f_B , 그리고 파셴 계열의 스펙트럼 중에서 가질 수 있는 가장 높은 진동수를 f_P 라고 한다면, 진동수의 비 $\frac{f_B}{f_P}$ 를 숫자로 나타내고, 그 근거를 제시하시오.

[물리 I - ii] (가) 아래 그림 (a)와 같이, 전체 길이가 L 이며, 밀도가 균일한 무게 w_1 인 막대가 받침점 A와 B 위에 놓여 있다. 막대 중심과 받침점 B의 중간 지점에 무게 w_2 인 물체가 실에 매달려 있다. 이때 받침점 A와 B가 막대에 가하는 힘을 각각 F_A 와 F_B 라고 할 때, F_A 와 F_B 를 w_1 과 w_2 를 이용하여 각각 표시하고, 그 근거를 제시하시오. (단, 실의 무게는 무시한다.)

(나) 아래 그림 (b)와 같이, 전체 길이가 $l = 1\text{m}$ 이며 밀도가 균일한 무게 100 N 인 막대가 받침점 C 위에 놓여 있다. 막대의 양 끝에 무게가 200 N 과 500 N 인 물체가 실에 매달려 있다. 막대가 역학적 평형 상태가 되기 위한 x 와 받침점 C가 막대에 가하는 힘 F_C 를 각각 구하고, 그 이유를 논하시오. (단, 실의 무게는 무시한다.)



3. 출제 의도

- 전자의 전이에 따른 원자에서의 빛의 방출 및 흡수를, 보어의 원자 모형을 바탕으로 이해하고, 전자의 에너지 준위 변화에 따른 빛의 진동수 및 파장의 상관관계를 실제문제에 적용할 수 있는지를 평가한다.
- 지레의 원리 및 역학적 평형 상태를 이해하고, 이를 활용한 문제풀이 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(2) 물질과 전자기장 (나) 물질의 구조와 성질 (73쪽) ① 원자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 알고, 들뜬 원자에서 빛의 방출이 불연속적 스펙트럼의 형태로 나타나게 됨을 이해한다.

	교육과정 해설서	<ul style="list-style-type: none"> - 원자는 양자화 된 에너지 준위를 가지고 있음을 알고, 들뜬 원자에서 빛의 방출이 불연속적 스펙트럼의 형태로 나타나게 됨을 이해한다. - 원자에서 에너지가 방출될 때 빛의 형태로 나타남을 알게 하고, 이 때 빛의 에너지는 진동수에 비례함을 알게 한다. 보어의 원자모형을 통하여 원자는 양자화된 에너지 준위를 가지게 됨을 정성적으로 이해하고, 이를 바탕으로 간단한 분광기와 방전관에 대한 스펙트럼 관찰을 통하여 들뜬 원자에서 방출되는 빛의 불연속적 스펙트럼을 이해하게 한다.
제시문2	교육과정 문서	<p>(4) 에너지 (75쪽)</p> <p>(나) 힘과 에너지의 이용</p> <p>①지레의 원리를 응용한 힘의 전달을 이해하고, 돌림힘의 정의를 안다.</p> <p>②힘과 돌림힘의 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<ul style="list-style-type: none"> - 지레의 원리를 응용한 힘의 전달을 이해하고, 돌림힘의 정의를 안다. - 돌림힘의 의미를 알게 하고, 이를 바탕으로 지레의 원리를 정량적으로 이해하게 한다. 이때 일의 크기에 대한 비교를 통하여 지레에서는 일의 이득이 없고 힘에 대한 이득만 있다는 것을 알게 한다. 이를 바탕으로 실생활이나 산업에서 지레의 원리가 활용되는 다양한 방법을 알게 한다. - 힘과 돌림힘의 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산할 수 있다. - 구조물이 안정적으로 서 있으려면, 힘의 평형과 돌림힘의 평형이 모두 이루어져야함을 알게 하고, 두 평형 조건을 활용하여 간단한 구조물의 안정성을 정량적으로 이해하게 한다. 이를 바탕으로 건축물이나 교량 등 실생활에서 다양한 구조물의 안정성에 대해 알게 한다.
물리 I-i	교육과정 문서	<p>(2) 물질과 전자기장</p> <p>(나) 물질의 구조와 성질 (73쪽)</p> <p>① 원자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 알고, 들뜬 원자에서 빛의 방출이 불연속적 스펙트럼의 형태로 나타나게 됨을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<ul style="list-style-type: none"> - 원자는 양자화 된 에너지 준위를 가지고 있음을 알고, 들뜬 원자에서 빛의 방출이 불연속적 스펙트럼의 형태로 나타나게 됨을 이해한다. - 원자에서 에너지가 방출될 때 빛의 형태로 나타남을 알게 하고, 이 때 빛의 에너지는 진동수에 비례함을 알게 한다. 보어의 원자모형을 통하여 원자는 양자화된 에너지 준위를 가지게 됨을 정성적으로 이해하고, 이를 바탕으로 간단한 분광기와 방전관에 대한 스펙트럼 관찰을 통하여 들뜬 원자에서 방출되는 빛의 불연속적 스펙트럼을 이해하게 한다.
물리 I-ii	교육과정 문서	<p>(4) 에너지 (75쪽)</p> <p>(나) 힘과 에너지의 이용</p> <p>①지레의 원리를 응용한 힘의 전달을 이해하고, 돌림힘의 정의를 안다.</p> <p>②힘과 돌림힘의 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<ul style="list-style-type: none"> - 지레의 원리를 응용한 힘의 전달을 이해하고, 돌림힘의 정의를 안다. - 돌림힘의 의미를 알게 하고, 이를 바탕으로 지레의 원리를 정량적으로

		<p>이해하게 한다. 이때 일의 크기에 대한 비교를 통하여 지레에서는 일의 이득이 없고 힘에 대한 이득만 있다는 것을 알게 한다. 이를 바탕으로 실생활이나 산업에서 지레의 원리가 활용되는 다양한 방법을 알게 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 힘과 돌림힘의 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산할 수 있다. - 구조물이 안정적으로 서 있으려면, 힘의 평형과 돌림힘의 평형이 모두 이루어져야함을 알게 하고, 두 평형 조건을 활용하여 간단한 구조물의 안정성을 정량적으로 이해하게 한다. 이를 바탕으로 건축물이나 교량 등 실생활에서 다양한 구조물의 안정성에 대해 알게 한다.
--	--	--

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	김영민 외	교학사	2016	138-142
	물리 I	곽성일 외	천재교육	2016	123-128
	물리 I	김영민 외	교학사	2016	310-319
	물리 I	곽성일 외	천재교육	2016	267-277

5. 문항 해설

고등학교 교과 과정 [물리 I]의 “물질과 전자기장”단원에서 보어의 원자 모형이론과 “에너지”단원에서 돌림힘과 역학적 평형 상태에 관한 문제를 출제하였다. 원자 모형에서 양자화 된 에너지 준위를 가지고 있음을 알고, 들뜬 원자에서 빛의 방출이 불연속적 스펙트럼의 형태로 나타나게 됨을 이해하는 문제, 그리고 지레의 원리를 응용한 힘의 전달, 힘과 돌림힘의 역학적 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산 할수 있는 능력을 묻는 문제를 출제하였다. 교과과정에서 배운 기본적인 내용을 바탕으로, 물체가 일상에서 접하는 크기 정도에서 입자가속기가 필요한 원자수준까지의 범위를 다루었으며, [물리 I]과정에서 배우는 주제의 이해도를 다각도로 평가하고자 하였다. 특히, 구체적이고 현실적인 물리현상에서 문제를 구성함으로써, 고교 교과과정 [물리 I]에서 배운 물리 지식의 원리에 대한 이해와 논리적인 사고를 배가시키고자 문항을 구성하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
[물리 I-i] (가)	$\lambda = \frac{4hc}{3E_0}$	<p>(i) 전자가 $n = 1$인 궤도로 전이 설명</p> $\frac{hc}{\lambda} = -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{1^2} \quad (+2\text{점})$ <p>(ii) 빛의 파장이 가장 긴 경우로서 전자가 $n = 2$인 궤도에서 전이 설명</p> $\frac{hc}{\lambda} = -\frac{E_0}{2^2} + \frac{E_0}{1^2} \quad (+2\text{점})$ <p>(iii) 정확한 λ 정답 제시 (+2점)</p>	6점

[물리 I-i] (나)	$\frac{f_B}{f_P} = \frac{9}{4} (= 2.25)$	(i) 발머와 파셴 계열이 전자가 각각 $n = 2$ 와 $n = 3$ 으로 전이할 때 발생하는 빛의 스펙트럼임을 이해 (+ 3점) $hf = -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{2^2}$ (가시광선 영역, 발머 계열) $hf = -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{3^2}$ (적외선 영역, 파셴 계열) (ii) 가시광선 및 적외선에서 가장 높은 진동수를 가지는 진동수의 비를 이해하고 정확한 정답 제시 (+ 3점)	6점
[물리 I-ii] (가)	$F_A = \frac{w_1}{2} + \frac{w_2}{4},$ $F_B = \frac{w_1}{2} + \frac{3w_2}{4}$	(i) 역학적 평형 상태에 놓여 있을 두가지 조건인 알짜힘 ($\Sigma F_y = 0$)과 돌림힘의 합이 모두 0임($\Sigma \tau = 0$)을 적용 (+ 3점) (ii) 정확한 F_A, F_B 정답 제시 (+ 3점)	6점
[물리 I-ii] (나)	$x = \frac{11}{16} \text{ m } (\approx 0.69 \text{ m})$	(i) 역학적 평형 상태이기 위한 첫째 조건인 돌림힘의 합이 0을 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 x 정답 제시 (+ 2점)	4점
	$F_C = 800 \text{ N}$	(i) 역학적 평형 상태이기 위한 둘째 조건인 알짜힘이 0을 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 F_C 정답 제시 (+ 1점)	3점
[물리 I-ii] (가)	$F_A = \frac{w_1}{2} + \frac{w_2}{4},$ $F_B = \frac{w_1}{2} + \frac{3w_2}{4}$	(i) 역학적 평형 상태에 놓여 있을 두가지 조건인 알짜힘 ($\Sigma F_y = 0$)과 돌림힘의 합이 모두 0임($\Sigma \tau = 0$)을 적용 (+ 3점) (ii) 정확한 F_A, F_B 정답 제시 (+ 3점)	6점
[물리 I-ii] (나)	$x = \frac{11}{16} \text{ m } (\approx 0.69 \text{ m})$	(i) 역학적 평형 상태이기 위한 첫째 조건인 돌림힘의 합이 0을 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 x 정답 제시 (+ 2점)	4점
	$F_C = 800 \text{ N}$	(i) 역학적 평형 상태이기 위한 둘째 조건인 알짜힘이 0을 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 F_C 정답 제시 (+ 1점)	3점

7. 예시 답안

[물리 I-i]

(가) 라이먼 계열은 $n > 1$ 에 있는 들뜬 상태의 전자가 $n = 1$ 인 궤도로 전이할 때 발생하는 빛의 스펙트럼이다. 따라서 $hf = \frac{hc}{\lambda} = -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{1^2}$ 이며, $n = 2$ 인 궤도에서 바닥상태인 $n = 1$ 로 전이한 빛의 에너지가 가장 작으므로 파장이 가장 길다. 이때, 빛의 에너지는 $hf = \frac{hc}{\lambda} = -\frac{E_0}{2^2} + \frac{E_0}{1^2} = \frac{3E_0}{4}$ 이므로, 파장은 $\lambda = \frac{4hc}{3E_0}$ 이다.

(나) 발머 계열은 $n > 2$ 에 있는 전자가 $n = 2$ 로, 파셴 계열은 $n > 3$ 에 있는 전자가 $n = 3$ 로 전이할 때 발생하는 빛의 스펙트럼이다. 빛의 에너지는 진동수가 높을수록 크므로, 가시광선(발머 계열)에서 가장 높은 진동수 f_B 와 적외선(파셴 계열)에서 가장 높은 진동수 f_P 는 양자수 $n = \infty$ 에서의 전이가 일어날 때 가능하다.

따라서 진동수의 비 $\frac{f_B}{f_P} = \frac{-\frac{E_0}{\infty^2} + \frac{E_0}{2^2}}{-\frac{E_0}{\infty^2} + \frac{E_0}{3^2}} = \frac{9}{4} (= 2.25)$ 이다.

[물리 I-ii]

(가) 역학적 평형 상태에 놓여 있으므로 알짜힘과 돌림힘의 합이 모두 0이다.

x 성분의 힘은 없으며, y 성분의 힘의 합은 $\Sigma F_y = F_A + F_B - w_1 - w_2 = 0$ (1) 이다.

또한 받침점 A에 놓여 있는 막대를 기준점으로 하여 돌림힘의 합을 구하면

$$\Sigma \tau = 0 \cdot F_A + L \cdot F_B - \left(\frac{L}{2}\right)w_1 - \left(\frac{3L}{4}\right)w_2 = 0 \text{ (2)이다.}$$

(2) 식을 이용하면 $F_B = \frac{w_1}{2} + \frac{3w_2}{4}$ 이며, 이를 (1)에 대입하면 $F_A = \frac{w_1}{2} + \frac{w_2}{4}$ 이다.

(나) 역학적 평형 상태이기 위한 첫째 조건은 돌림힘의 합이 0이어야 한다. 받침점 C 위에 놓여 있는 막대의 위치를 기준으로 하면, $\Sigma \tau = x \cdot 200 N + \left(x - \frac{l}{2}\right) \cdot 100 N - (l - x) \cdot 500 N = 0$ 이다.

여기서 막대의 전체 길이 $l = 1 \text{ m}$ 로 주어졌으므로, $x = \frac{11}{16} \text{ m} (\approx 0.69 \text{ m})$ 이다.

역학적 평형 상태이기 위한 둘째 조건은 알짜힘이 0이어야 한다. x 성분의 힘은 없고, y 성분의 힘의 합은 $\Sigma F_y = F_C - (200 + 100 + 500) \text{ N} = 0$ 이므로, $F_C = 800 \text{ N}$ 이다.

④ 물리 II

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(물리 II)	
문항번호	물리 II - i ~ ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리(물리 I, 물리 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 II
	핵심개념 및 용어	힘과 운동, 포물선 운동, 등가속도 운동, 등속 운동 빛의 매질, 전파 속도, 굴절률, 굴절의 법칙
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[물리 II]

다음 <제시문1> ~ <제시문2>를 읽고 [물리 II-i] ~ [물리 II-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

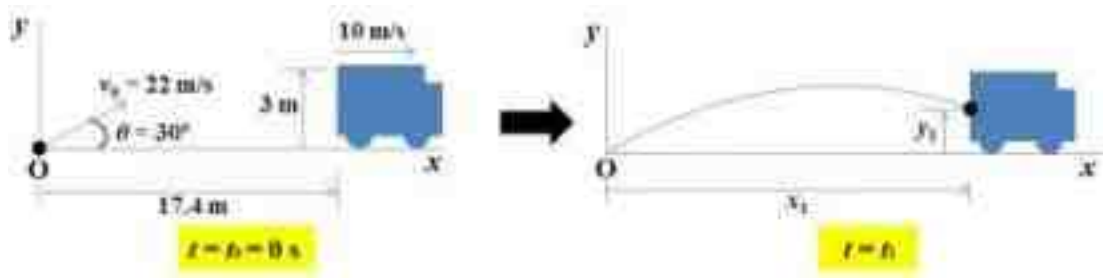
<제시문1>

지표면에서 비스듬히 위로 던진 물체는 포물선을 그리며 날아간다. 공기의 저항을 무시하면 수평 방향으로 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로 물체에 중력이 작용하므로 등가속도 운동을 한다.

<제시문2>

빛이 매질의 경계면에서 진행 방향이 변하는 현상을 빛의 굴절이라고 하며, 이는 두 매질에서 빛의 전파 속도가 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 매질에서 굴절의 정도는 굴절률로 나타내며, 굴절률과 전파 속도의 상관관계식을 굴절의 법칙(또는 스넬의 법칙)이라고 한다.

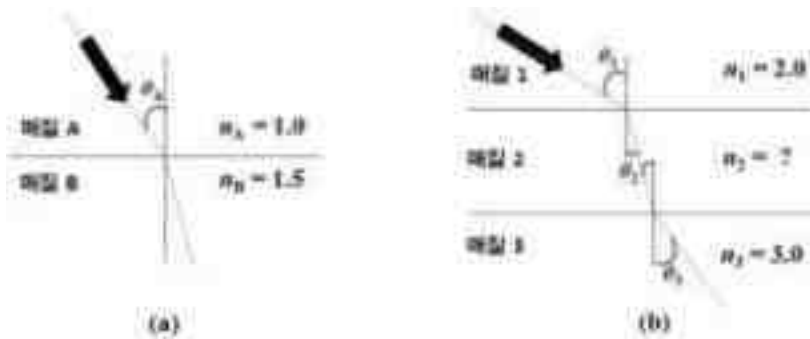
[물리 II-i] (가) 아래 그림과 같이, 초기($t = t_0 = 0$ s)에 지표면에서 $\theta = 30^\circ$ 로 비스듬히 초기 속력 $v_0 = 22$ m/s로 물체를 던졌다. 이때 원점에서 17.4 m 만큼 떨어진 지점에 뒷면의 높이가 3 m인 화물트럭이 오른쪽 방향으로 일정한 속력 10 m/s으로 움직이고 있다. 비스듬히 위로 던진 물체가 일정한 속력으로 움직이고 있는 화물트럭의 뒷면에 부딪힌 순간의 시간을 t_1 이라고 한다. 이 시간 t_1 을 구하고, 그 이유를 논하시오. (단, 공기의 저항은 무시하고, $\sqrt{3} \approx 1.7$ 로 계산하시오.)
(나) $t = t_1$ 일 때, 위에서 구한 시간 t_1 을 이용하여 물체의 수평 방향의 이동 거리(x_1)와 지면으로부터의 높이(y_1)를 각각 구하고, 그 근거를 제시하시오. (단, 중력 가속도 $g \approx 10$ m/s²이다.)



[물리Ⅱ-ii] (가) 아래 그림(a)와 같이, 빛이 매질 A에서 입사각 θ_A 로 입사하여 매질 B로 굴절되었다. 각 매질에 대한 굴절률(n)은 그림과 같이 주어지고, 매질 A에서의 빛의 속도가 3×10^8 m/s일 때, 매질 B에서의 빛의 속도는 얼마인가? 또한, 매질 A와 B에서의 빛의 속도, 파장, 진동수를 각각 v_A , v_B , λ_A , λ_B , f_A , f_B 라고 할 때, $\frac{v_A}{v_B} + \frac{\lambda_A}{\lambda_B} + \frac{f_A}{f_B}$ 를 숫자로 나타내고, 그 근거를 제시하시오.

(나) 아래 그림(b)와 같이, 각기 다른 굴절률 n_1 , n_2 , n_3 을 가진 3종류의 매질로 구성된 삼중층이 있다. 빛이 매질 1에서 입사각 θ_1 로 입사하여 매질 2와 3으로 굴절되었다. 매질 1에서 빛의 전파 속도가 매질 2에서의 2배로 관측되었다면, 매질 2의 굴절률(n_2)은 얼마인가?

이때, $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} + \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} + \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1}$ 을 숫자로 나타내고, 그 이유를 논하시오.



3. 출제 의도

- 포물선 운동에 있어 등가속도 및 등속 운동에 대한 이해와 이를 실제문제에 적용할 수 있는 능력을 평가한다.
- 빛의 매질에 따른 전파에 있어, 빛의 전파 속도와 매질의 굴절률과의 상관 관계식인 굴절의 법칙을 이해하고, 이를 활용한 문제풀이 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호)
	1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”

제시문1	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ② 물체에 작용하는 힘이 주어졌을 때 운동변화를 정량적으로 이해한다. ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.
	교육과정 해설서	- 물체에 작용하는 알짜힘의 방향이 가속도의 방향과 같음을 알게 하고, 속도의 변화로부터 가속도를 구하여 물체에 작용하는 알짜힘의 방향을 찾을 수 있게 함으로써 뉴턴의 운동법칙을 이해하게 한다. 등가속도 운동의 경우 일-운동에너지 정리를 정량적으로 이해하게 한다. - 포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다. 지표면의 포물선운동과 행성의 원운동에서 운동의 변화에 대한 벡터 분석을 통하여 가속도의 방향을 찾을 수 있으며 그 크기도 정량적으로 기술할 수 있게 한다. 두 물체 사이에 중력이 작용할 때 케플러 법칙이 만족됨을 이해하게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(3) 파동과 빛 (82쪽) (가) 파동의 발생과 전달 ① 파동을 진폭, 파장, 진동수, 파동속도의 함수로 표현할 수 있다.
	교육과정 해설서	- 탄성파가 만들어지는 과정과 파동의 기술 요소인 진폭, 진동수의 의미, 파장의 의미를 알게 하고 이를 바탕으로 파동속도와 파장, 진동수 사이의 관계를 알게 한다. 또한 매질의 속성에 의해서 파동의 속도가 결정됨을 알게 한다.
물리 II-i	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ② 물체에 작용하는 힘이 주어졌을 때 운동변화를 정량적으로 이해한다. ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.
	교육과정 해설서	- 물체에 작용하는 알짜힘의 방향이 가속도의 방향과 같음을 알게 하고, 속도의 변화로부터 가속도를 구하여 물체에 작용하는 알짜힘의 방향을 찾을 수 있게 함으로써 뉴턴의 운동법칙을 이해하게 한다. 등가속도 운동의 경우 일-운동에너지 정리를 정량적으로 이해하게 한다. - 포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다. 지표면의 포물선운동과 행성의 원운동에서 운동의 변화에 대한 벡터 분석을 통하여 가속도의 방향을 찾을 수 있으며 그 크기도 정량적으로 기술할 수 있게 한다. 두 물체 사이에 중력이 작용할 때 케플러 법칙이 만족됨을 이해하게 한다.
물리 II-ii	교육과정 문서	(3) 파동과 빛 (82쪽) (가) 파동의 발생과 전달 ① 파동을 진폭, 파장, 진동수, 파동속도의 함수로 표현할 수 있다.
	교육과정 해설서	- 탄성파가 만들어지는 과정과 파동의 기술 요소인 진폭, 진동수의 의미, 파장의 의미를 알게 하고 이를 바탕으로 파동속도와 파장, 진동수 사이의 관계를 알게 한다. 또한 매질의 속성에 의해서 파동의 속도가 결정됨을 알게 한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 II	김영민 외	교학사	2016	14~32
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2016	13~32
	물리 II	김영민 외	교학사	2016	197~202
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2016	200~202

5. 문항 해설

고등학교 교과 과정 [물리II]의 “운동과 에너지”단원에서 포물선 운동에 대한 내용을, 그리고 “파동과 빛”단원에서 굴절의 법칙에 관한 문제를 출제하였다. 물체에 작용하는 힘이 주어졌을 때 운동변화를 정량적으로 이해하고, 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동을 분석할 수 있는지를 묻는 문제와 굴절률과 빛의 진폭, 파장, 진동수, 전파 속도의 관계식을 설명 할 수 있는지를 알아 보고자 하였다. 포물선 운동에 있어 등가속도 및 등속 운동에 대한 이해와 이를 실제문제에 적용할 수 있는 능력, 그리고 빛의 매질에 따른 전파에 있어, 빛의 전파 속도와 매질의 굴절률과의 상관 관계식인 굴절의 법칙을 이해하고, 이를 활용한 문제풀이 능력을 평가하고자 한 본 문항은 고교 교과과정 [물리 II]에서 배운 내용을 심도 있게 이해할 수 있는지 판단하고자 하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
[물리 II-i] (가)	$t_1 = 2\text{ s}$	(i) 물체의 수평 이동 거리와 화물트럭의 위치가 같다는 것을 수식으로 설명 (+ 4점) $(22\text{ m/s}) \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot t_1 = (17.4\text{ m}) + (10\text{ m/s}) \cdot t_1$ (ii) 정확한 t_1 정답 제시 (+ 2점)	6점
[물리 II-i] (나)	$x_1 = 22\sqrt{3}\text{ m}$ $\approx 37.4\text{ m}$	(i) 시간 t_1 에서 수평 방향의 이동 거리 $x_1 = v_0 \cos \theta \cdot t_1$ 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 x_1 정답 제시 (+ 1점)	3점
	$y_1 = 2\text{ m}$	(i) 시간 t_1 에서 수직 방향의 위치 $y_1 = v_0 \sin \theta \cdot t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2$ 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 y_1 정답 제시 (+ 1점)	3점
[물리 II-ii] (가)	$v_B = 2 \times 10^8\text{ m/s}$	(i) 빛의 전파 속도와 굴절률의 관계식 $v_B = v_A \left(\frac{n_A}{n_B}\right)$ 을 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 v_B 정답 제시 (+ 1점)	3점
	$\frac{v_A}{v_B} + \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ $+ \frac{f_A}{f_B} = 4$	(i) 빛의 속도, 파장, 주파수와 굴절률의 관계식 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 정답 제시 (+ 2점)	4점

[물리 II-ii] (나)	$n_2 = 4$	(i) 빛의 전파 속도와 굴절률의 관계식 $n_2 = n_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)$ 을 적용 (+ 1점) (ii) 정확한 n_2 정답 제시 (+ 1점)	2점
	$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} + \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} + \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1} = \frac{41}{12}$	(i) 입사 및 굴절각과 굴절률의 관계식 적용 (+ 2점) (ii) 정확한 정답 제시 (+ 2점)	4점

7. 예시 답안

[물리 II-i]

(가) 지표면에서 비스듬히 위로 던진 물체는 포물선을 그리며 날아간다. 시간 t 일 때 수평 방향의 이동 거리 x 와 연직 방향의 위치 y 는 각각 다음과 같다. $x = v_0 \cos \theta \cdot t$, $y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$.

원점에서 17.4 m 만큼 떨어진 거리에서 출발한, $+x$ 방향으로 일정한 속력 (10 m/s)으로 움직이는 화물트럭인 경우 수평 방향의 위치 $x = (17.4 \text{ m}) + (10 \text{ m/s}) \cdot t$ 이다.

따라서 비스듬히 위로 던진 물체가 일정한 속력으로 움직이고 있는 화물트럭의 뒷면에 부딪힌 순간의 시간이 t_1 이라고 하면, 이때 물체의 수평 이동 거리와 화물트럭의 위치는 같아야 한다.

$$\text{즉, } (22 \text{ m/s}) \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot t_1 = (17.4 \text{ m}) + (10 \text{ m/s}) \cdot t_1 \text{ 이므로, } t_1 = \frac{17.4}{22 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 10} = 2 \text{ s 이다.}$$

(나) 시간 $t = t_1 = 2 \text{ s}$ 일 때, 수평 방향의 이동 거리 x_1 과 지면으로 부터의 높이 y_1 은 각각 다음과 같다.

$$x_1 = v_0 \cos \theta \cdot t_1 = (22 \text{ m/s}) \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \cdot (2 \text{ s}) = 22\sqrt{3} \text{ m } (\approx 37.4 \text{ m}),$$

$$y_1 = v_0 \sin \theta \cdot t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = (22 \text{ m/s}) \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \cdot (2 \text{ s}) - \frac{1}{2} \cdot (10 \text{ m/s}^2) \cdot (2 \text{ s})^2 = 2 \text{ m 이다.}$$

[물리 II-ii]

(가) 매질 A와 B에서의 굴절률과 빛의 전파 속도, 파장의 상관 관계식을 굴절의 법칙이라 하며 다음과 같다.

$$\frac{\sin \theta_A}{\sin \theta_B} = \frac{v_A}{v_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{n_B}{n_A}. \text{ 이때 매질에 따른 진동수의 변화는 없다. (즉, } f_A = f_B \text{)}$$

매질 A와 B에서의 굴절률과 매질 A에서는 빛의 속도가 주어져 있으므로,

$$\text{매질 B에서 빛의 속도는 } v_B = v_A \left(\frac{n_A}{n_B} \right) = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) \left(\frac{1}{1.5} \right) = 2 \times 10^8 \text{ m/s 이다.}$$

또한, 빛의 속도, 파장, 주파수 비의 합은 $\frac{v_A}{v_B} + \frac{\lambda_A}{\lambda_B} + \frac{f_A}{f_B} = \frac{n_B}{n_A} + \frac{n_B}{n_A} + 1 = 2\frac{3}{2} + 1 = 4$ 가 된다.

(나) 매질 1에서의 굴절률은 2이고, 매질 1에서 빛의 속도는 매질 2에서의 2배이므로,

매질 2에서의 굴절률은 $n_2 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)n_1 = 2 \times 2 = 4$ 이다.

따라서 굴절의 법칙을 이용하면

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} + \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} + \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1} = \frac{n_2}{n_1} + \frac{n_3}{n_2} + \frac{n_1}{n_3} = \frac{4}{2} + \frac{3}{4} + \frac{2}{3} = \frac{41}{12} (\approx 3.4) \text{이 된다.}$$

⑤ 화학 I

1. 일반정보		
유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(화학 I)	
문항번호	화학 I- i ~ iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	루이스 구조식, 화학 결합, 물, 화학 반응식, 산화수
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[화학 I]

다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [화학 I -i] ~ [화학 I -iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

공유 결합 분자의 전자 배치를 간편하게 나타내기 위해서 공유 전자쌍은 결합선으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 1쌍의 점으로 나타내거나 생략하기도 하는데, 이것을 루이스 구조식이라고 한다.

<제시문2>

전자쌍 반발 이론은 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 (-)전하를 띠고 있어서 정전기적 반발력이 최소가 되도록 가능한 멀리 떨어지려는 방향으로 배치된다는 것이다. 전자쌍 반발 이론을 이용하여 분자의 구조를 예측할 수 있다.

<제시문3>

주기율표의 같은 주기에서는 오른쪽으로 갈수록 원 반지름이 작아지고, 주기율표의 같은 족에서는 내려 갈수록 원자 반지름이 커진다. 다음 래프는 원자 반지름의 주기성을 나타낸다. 자의 가장 바깥 전자껍질의 전자를 모두 잃어 양이온이 될 때는 전자껍질 1개가 줄어들 원자 반지름보다 양이온의 반지름이 작아진다.

<제시문4>

산화수는 어떤 물질 속에서 원소가 어느 정도로 산화되었는지를 나타내는 가상적인 전하량이다.

원자 반지름 (pm)

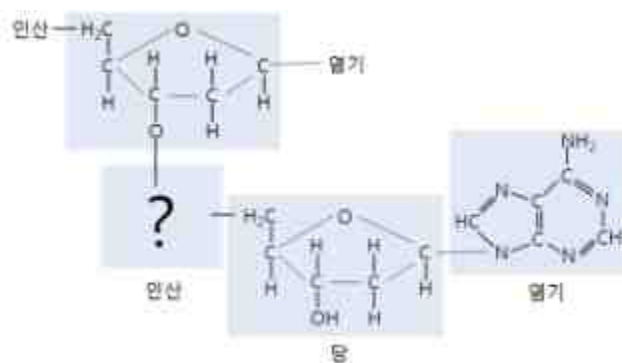
250
200
150
100
50

1 2 13 14 15 16 17

족

자
아
그
원
서
어
다.

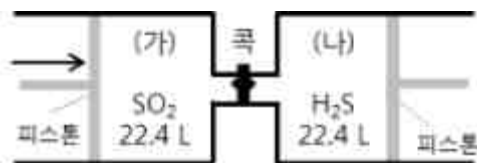
[화학 I - i] 뉴클레오타이드는 인산 결합으로 핵산을 형성한다. 뉴클레오타이드의 일부는 그림과 같이 탄소 원자 5개로 이루어진 당, 인산, 그리고 질소를 포함한 염기의 세 부분으로 이루어져 있다. 아래 빈 칸에 두 개의 당과 결합하고 있는 인산의 루이스 구조식을 제시하시오. (단, 비공유 전자쌍은 생략하시오.) 그리고 이온화되지 않은 인산의 구조에서 $\angle \text{HOP}$ 와, 염기 구조에서의 $\angle \text{HNC}$ 의 결합각의 크기를 비교하여 논하시오.



[화학 I - ii] 다음 화합물의 녹는점이 높은 것부터 순서대로 나열하고, 그 이유를 논하시오.



[화학 I - iii] 그림은 0°C , 1기압에서 콕으로 분리된 두 실린더에 각각 기체 상태의 22.4 L 이산화 황(SO_2)과 황화 수소(H_2S)가 채워져 있는 모습을 나타낸 것이다. 콕을 열고 피스톤을 밀어 (가)의 이산화 황을 모두 (나)로 보내고 난 후, 콕을 닫았다. 그 후, 고체 상태의 황과 액체 상태의 물이 생성되는 것을 관찰하였다. 반응이 완전히 끝난 후, 용기 (나)의 부피를 예측하시오. 또한, 반응물과 생성물의 산화수 변화를 논하시오. (단, 온도와 압력은 일정하다. 연결관의 부피, 피스톤의 마찰과 질량, 고체와 액체의 부피는 무시하시오. 기체의 물에 대한 용해도는 없다고 가정하시오.)



3. 출제 의도

화학 I 교과서 내용에 기반하여 화학 결합, 분자의 구조, 화학식량과 몰, 산화수, 핵산 단위에 대한 기본적인 이해를 평가하고자 하였다. 뉴클레오타이드의 구조, 루이스 구조식, 전자쌍의 반발력 비교, 분자의 입체 구조, 이온결합 물질과 공유결합 물질의 분자간 인력의 차이, 화학식량과 몰, 산화수에 대한 이해력을 평가하는 문제를 출제하였다. 이들 문제를 통해 고등학교 화학 I 교과서에 대한 수학 충실도를 평가하려는 의도가 있다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽) (㉠) 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(3) 아름다운 분자 세계 지금까지 다룬 원자의 기본 구조와 다양한 원소의 성질을 토대로, 대칭적인 아름다움을 갖는 다양한 분자들이 화학 결합으로 이루어진다는 것을 이해시킨다. 화학 결합에 전자가 관여하기 때문에 분자의 구조와 성질이 전기적 힘에 의하여 결정되는 것을 설명하고, 쌍극자 모멘트와 결합의 극성 등을 도입하여 분자의 극성과 끓는점 등과 같은 물리적, 화학적 성질을 이해하게 한다. 화학결합을 통하여 다양한 구조를 형성하는 탄소 화합물의 특성과 구조를 다룬다. (4) 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 , 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다. 수소, 물, 암모니아, 이산화탄소 등과 같이 간단한 분자들을 루이스 점전자식을 이용하여 나타낸다. 전기음성도를 도입하여 결합의 극성과 쌍극자 모멘트를 이해하게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽) (㉠) 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.
	교육과정 해설서	(3) 아름다운 분자 세계 지금까지 다룬 원자의 기본 구조와 다양한 원소의 성질을 토대로, 대칭적인 아름다움을 갖는 다양한 분자들이 화학 결합으로 이루어진다는 것을 이해시킨다. 화학 결합에 전자가 관여하기 때문에 분자의 구조와 성질이 전기적 힘에 의하여 결정되는 것을 설명하고, 쌍극자 모멘트와 결합의 극성 등을 도입하여 분자의 극성과 끓는점 등과 같은 물리적, 화학적 성질을 이해하게 한다. 화학결합을 통하여 다양한 구조를 형성하는 탄소 화합물의 특성과 구조를 다룬다. (5) 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다. 전자쌍 반발 원리를 이용하여 메탄, 암모니아, 물, 이산화탄소 등 간단한 공유 결합 분자의 구조를 설명하고, 분자 구조의 대칭성과 결합의 극성을 통해 분자가 극성을 띠는지의 여부를 알게 한다. 끓는점 등과 같은 물질의 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해하게 한다.
제시문3	교육과정 문서	(2) 개성 있는 원소 (89쪽) (㉠) 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.
	교육과정	(2) 개성 있는 원소

	해설서	<p>원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다.</p> <p>⑤ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.</p> <p>현대적인 주기율표를 전자 배치와 관련지어 도입한다. 원자가전자수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등의 개념을 설명하고, 주기율표에서 원소의 성질이 주기적으로 변화되는 현상을 이해하게 한다.</p>
제시문4	교육과정 문서	<p>(4) 짧은 화학 반응 (90쪽)</p> <p>㉔ 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 짧은 화학 반응</p> <p>생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어 화학 반응의 짧은 점을 찾아내고, 이를 통하여 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 이해하게 한다. 산소에 의한 산화·환원 반응을 도입한 후, 전자의 이동으로 산화·환원 반응을 설명한다. 산과 염기는 산화·환원 반응의 결과 만들어지는 물질임을 이해시키고, 산과 염기의 중화 반응을 설명한다. 앞에서 학습한 옥텟 규칙, 수소 결합의 개념을 확장하여 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 분자들에 적용하여 봄으로써 창의적인 사고를 할 수 있게 지도한다.</p> <p>③ 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다.</p> <p>산화·환원 반응이 전자의 이동과 관련이 있으며 이를 표현하는 수단으로 산화수의 개념이 유용하다는 것을 설명한다. 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아 등 간단하면서도 중요한 화합물을 예로 사용하여 전기음성도의 차이로부터 전자의 이동을 나타내고, 이것을 통하여 산화수의 개념을 이해하게 한다. 쉬운 화학 반응을 예로 들어 화학 반응 전후에 산화수가 어떻게 변하는지 살펴보고 산화·환원 반응을 판별하게 한다.</p>
화학 I - i	교육과정 문서	<p>(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽)</p> <p>㉔ 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다.</p> <p>㉔ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(3) 아름다운 분자 세계</p> <p>지금까지 다룬 원자의 기본 구조와 다양한 원소의 성질을 토대로, 대칭적인 아름다움을 갖는 다양한 분자들이 화학 결합으로 이루어진다는 것을 이해시킨다. 화학 결합에 전자가 관여하기 때문에 분자의 구조와 성질이 전기적 힘에 의하여 결정되는 것을 설명하고, 쌍극자 모멘트와 결합의 극성 등을 도입하여 분자의 극성과 끓는점 등과 같은 물리적, 화학적 성질을 이해하게 한다.</p> <p>화학결합을 통하여 다양한 구조를 형성하는 탄소 화합물의 특성과 구조를 다룬다.</p>

		<p>다.</p> <p>④ 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 , 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다.</p> <p>수소, 물, 암모니아, 이산화탄소 등과 같이 간단한 분자들을 루이스 점전자식을 이용하여 나타낸다. 전기음성도를 도입하여 결합의 극성과 쌍극자 모멘트를 이해하게 한다.</p> <p>⑤ 전자쌍 반발 이론을 통해 분자의 구조를 설명하고, 분자의 극성과 끓는점 등 물리적, 화학적 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해한다.</p> <p>전자쌍 반발 원리를 이용하여 메탄, 암모니아, 물, 이산화탄소 등 간단한 공유 결합 분자의 구조를 설명하고, 분자 구조의 대칭성과 결합의 극성을 통해 분자가 극성을 띠는 지의 여부를 알게 한다. 끓는점 등과 같은 물질의 성질이 분자 구조와 관계가 있다는 사실을 이해하게 한다.</p>
	교육과정 문서	<p>(2) 개성 있는 원소 (89쪽)</p> <p>㉸ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.</p> <p>(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽)</p> <p>㉸ 물과 용융 NaCl의 전기분해 비교 등을 통해 화학 결합의 전기적 성질을 설명할 수 있다.</p>
화학 I - ii	교육과정 해설서	<p>(2) 개성 있는 원소</p> <p>원소의 기원이 우주의 탄생 및 진화와 밀접하게 연관되어 있음을 설명하고, 원소마다 성질이 다른 이유를 미시적인 수준에서의 원자 구조 및 전자 배치와 관련지어 이해하게 한다. 원자의 구조와 관련하여 원자의 구성입자, 보어 모형, 오비탈, 스핀, 에너지 준위 등을 다루고, 원소의 주기적 성질과 관련하여 주기율표, 전자 배치, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등을 다룬다.</p> <p>⑤ 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다. 현대적인 주기율표를 전자 배치와 관련지어 도입한다. 원자가전자수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기음성도 등의 개념을 설명하고, 주기율표에서 원소의 성질이 주기적으로 변화되는 현상을 이해하게 한다.</p> <p>(3) 아름다운 분자 세계</p> <p>지금까지 다룬 원자의 기본 구조와 다양한 원소의 성질을 토대로, 대칭적인 아름다움을 갖는 다양한 분자들이 화학 결합으로 이루어진다는 것을 이해시킨다. 화학 결합에 전자가 관여하기 때문에 분자의 구조와 성질이 전기적 힘에 의하여 결정되는 것을 설명하고, 쌍극자 모멘트와 결합의 극성 등을 도입하여 분자의 극성과 끓는점 등과 같은 물리적, 화학적 성질을 이해하게 한다.</p> <p>화학결합을 통하여 다양한 구조를 형성하는 탄소 화합물의 특성과 구조를 다룬다.</p> <p>② 물과 용융 NaCl의 전기분해 비교 등을 통해 화학 결합의 전기적 성질을 설명할 수 있다. 공유 결합과 이온 결합을 물과 NaCl 등을 예로 들어 설명하고, 화학 결합에 전자가 중요한 역할을 한다는 것을 이해하게 한다. 물은 자체적으로는 전기를 거의 통하지 않지만 전기분해를 통하여 수소와 산소로 분해되는 것으로 보</p>

		아 수소와 산소의 공유 결합이 전자와 관련 있으며, 용융 상태의 소금을 전기분해하면 원소로 분해되는 현상으로부터 이온 결합도 마찬가지로 전기적임을 알 수 있다. 결국 모든 결합은 전자가 관여하고 전기와 관련이 있음을 알 수 있게 한다.
화학 I - iii	교육과정 문서	<p>(1) 화학의 언어 (88쪽)</p> <p>㉮ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.</p> <p>(4) 짧은 화학반응 (90쪽)</p> <p>㉮ 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화·환원 반응임을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(1) 화학의 언어</p> <p>인류 문명의 발전과 관련된 대표적인 화학 반응을 소개함으로써, 화학이 우리의 삶과 아주 긴밀하게 연관되어 있음을 설명한다. 이러한 화학 반응들을 통해 화학의 세계에서 소통의 도구가 되는 원소, 원자, 분자, 화합물, 물 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다.</p> <p>⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응을 화학 반응식으로 표현하는 방법을 다루고, 화학 반응식에 포함된 의미를 이해하게 한다. 화학 반응식을 통하여 반응물질과 생성물질의 종류를 알고, 몰-질량, 몰-부피, 질량-부피 등의 양적 관계를 다룬다.</p> <p>(4) 짧은 화학 반응</p> <p>생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어 화학 반응의 짧은 점을 찾아내고, 이를 통하여 산화·환원 반응과 산·염기 반응을 이해하게 한다. 산소에 의한 산화·환원 반응을 도입한 후, 전자의 이동으로 산화·환원 반응을 설명한다. 산과 염기는 산화·환원 반응의 결과 만들어지는 물질임을 이해시키고, 산과 염기의 중화 반응을 설명한다. 앞에서 학습한 옥텟 규칙, 수소 결합의 개념을 확장하여 생명 현상과 밀접한 관련이 있는 분자들에 적용하여 봄으로써 창의적인 사고를 할 수 있게 지도한다.</p> <p>① 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식이 산소에 의한 화학적 산화 환원 반응임을 이해한다. 광합성과 호흡, 철광석의 제련과 철의 부식 등의 화학 반응에 산소가 공통적으로 관여하고 있음을 설명하여, 산소에 관련된 산화·환원 반응을 이해하게 한다.</p>

나) 자료 출처

<제시문1>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	158-165
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	141-148
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	141-144
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	137-142

<제시문2>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	176-182
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	151-154
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	157-161
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	139-142

<제시문3>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	95-98
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	106-110
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	106-109
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	93-98

<제시문4>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	213-217
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	190-193
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	199-203
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	185-189

[화학I- i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	158-165, 179-182, 247-251
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	141-148, 151-154, 237-239
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	141-144, 157-161, 227-229
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	137-142, 139-142, 208

[화학I- ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	146-157
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	133-148
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	137-144
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	125-133

[화학I- iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	박종석 외 5인	교학사	2011	24-25, 213-217
	화학I	노태희 외 8인	천재교육	2011	25-29, 190-193
	화학I	류해일 외 8인	비상교육	2011	36-47, 199-202
	화학I	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	33-36, 185-189
기타	수능완성 화학1	오창호 외 4인	EBS	2016	16

5. 문항 해설

[화학 I- i]

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

[화학 I- ii]

공유결합 물질과 이온결합 물질의 분자 간 인력의 대소를 논리적으로 비교할 수 있는지 묻는 문제이다. 이온

결합 물질의 녹는점을 이온 간의 인력의 대소를 비교하여 논할 수 있는지 묻는 문제이다.

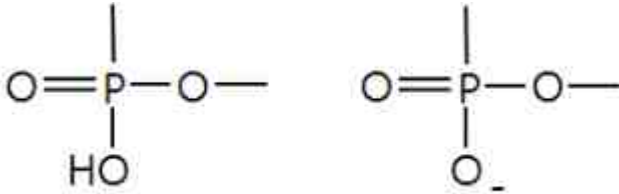
[화학 I-iii]

주어진 화학 실험을 이해하여, 기체의 부피와 몰 수와의 연관 관계를 이해하고 있는지 묻는 문제이다. 산화-환원 반응에 대해 화학 반응식으로 올바르게 나타내고 반응물 및 생성물 간의 산화/환원을 이해하는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준			
하위 문항		채점 기준	배점
화학 I - i	예시답안	<div> </div> <p>전자쌍의 배열은 사면체형으로 같지만 비공유 전자쌍이 많을수록 결합각이 작으므로 결합각은 $\angle \text{HNC}$ 이 더 크다. 즉, $\angle \text{HNC} > \angle \text{HOP}$ 이다.</p>	8점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 루이스 구조식 맞으면 4점 (둘 중 하나 그리면 정답) ● $\angle \text{HNC} > \angle \text{HOP}$ 4점 (그외 0점) 	
화학 I - ii	예시답안	<p>1. 대부분의 공유 결합 물질은 녹는점이나 끓는점은 이온 결합 물질 보다 낮다.</p> <p>2. 이온 결합을 이루고 있는 양이온과 음이온의 전하량이 클수록,</p> <p>3. 두 이온 사이의 거리가 가까울수록 정전기적 인력이 커지므로 이온 결합 물질의 녹는점과 끓는점이 높아진다.</p> <p>4. 녹는점이 높은 것부터 순서대로 나열하면 다음과 같다. $\text{CaO} > \text{NaCl} > \text{KCl} > \text{HCl}$</p>	8점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 각각의 요점 1~4 2점 	
화학 I - iii	예시답안	<p>화학 반응식을 세우면 다음과 같다. 평형에서 기체로 존재하는 물질은 평형에서 남은 물질 $\text{SO}_2(\text{g})$ 0.5몰이다. 즉 11.2 L이다.</p> <div> </div>	9점
	채점준거	<ul style="list-style-type: none"> ● 11.2 L이 맞으면 5점 ● 화학 반응식 기술하고, 산화수 맞으면 4점 	

7. 예시 답안

[화학I- i]



둘 중 하나만 그리면 된다.

인산 구조에서 $\angle HOP$ 의 중심 원자인 O는 전체 전자쌍이 4개이고, 비공유 전자쌍이 2개이다. 염기 구조에서 $\angle HNC$ 의 중심 원자인 N은 전체 전자쌍이 4개이고, 비공유 전자쌍이 1개이다. 따라서 전자쌍의 배열은 사면체형으로 같지만 비공유 전자쌍이 많을수록 결합각이 작으므로 결합각은 $\angle HNC$ 이 더 크다. 즉, $\angle HNC > \angle HOP$ 이다.

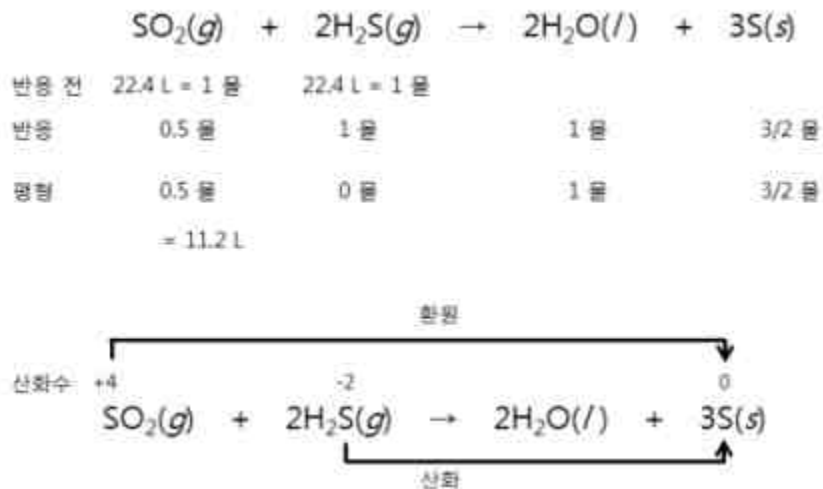
[화학I- ii]

HCl은 H와 Cl의 전기 음성도 차이가 작아 공유 결합 물질이다. 대부분의 공유 결합 물질은 녹는점이나 끓는점은 이온 결합 물질 보다 낮다. 이온 결합을 이루고 있는 양이온과 음이온의 전하량이 클수록, 두 이온 사이의 거리가 가까울수록 정전기적 인력이 커지므로 이온 결합 물질의 녹는점과 끓는점이 높아진다. NaCl, HCl, CaO, KCl 중 공유 결합 물질인 HCl의 녹는점이 가장 낮고, CaO의 전하량이 각각 +2, -2이므로 녹는점이 가장 높다. NaCl과 KCl의 전하량은 각각 +1, -1이므로 이들의 녹는점은 두 이온 사이의 거리가 가까울수록 정전기적 인력이 크므로 높다. <제시문 3>의 표를 보면, Na가 K보다 원자 반지름이 작으므로, NaCl의 이온간 거리가 KCl보다 가깝다. 따라서, 녹는점은 $NaCl > KCl$ 이다. 녹는점이 높은 것부터 순서대로 나열하면 다음과 같다.

$CaO > NaCl > KCl > HCl$

[화학I- iii]

화학 반응식을 세우면 다음과 같다. 평형에서 기체로 존재하는 물질은 평형에서 남은 물질 $SO_2(g)$ 0.5몰이다. 즉 11.2 L이다.



⑥ 화학 II

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(화학 II)	
문항번호	화학 II- i ~ iv	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 II	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학II
	핵심개념 및 용어	이상 용액, 라울 법칙, 부분 압력 법칙, 반응 속도 상수, 반감기
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[화학 II]

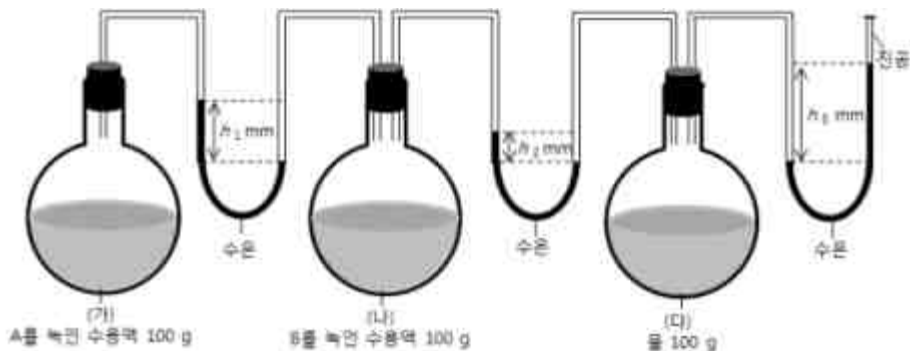
다음 <제시문1> ~ <제시문4>를 읽고 [화학II-i] ~ [화학II-iv]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

액체와 기체가 상평형을 이룰 경우 단위 부피당 기체 분자의 수, 즉 압력은 일정하게 유지된다. 이 기체의 압력을 증기압이라고 한다. 1882년 프랑스의 과학자 라울은 ‘비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력과 용액 내 용매의 몰 분율과 연관이 있다.’고 밝혀냈다.

<제시문2>

그림은 온도 40℃에서 진공 상태의 세 용기에 용질 A와 B를 각각 녹인 수용액 100g과 물 100g을 넣은 후, 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다. 용질 A와 B는 비휘발성, 비전해질이며 수용액 (가)와 (나)는 라울 법칙을 따른다. (가)수용액에 녹아 있는 용질 A의 몰 분율이 x_A 이면 (가)수용액 중 $x_{\text{용매(가)}} = 1 - x_A$ 이 된다. (나)수용액에 녹아 있는 용질 B의 몰 분율이 x_B 이면 (나)수용액 중 $x_{\text{용매(나)}} = 1 - x_B$ 이다.

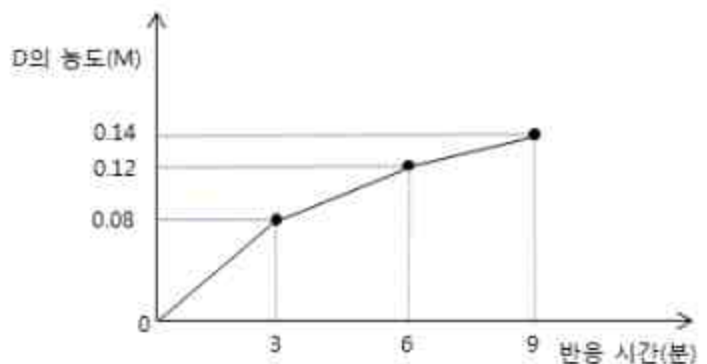


<제시문3>

반응물의 초기 농도가 절반이 되는 데까지 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 1차 반응에서 반감기는 초기 농도와 상관없이 항상 일정하다.

<제시문4>

강철 용기에서 $3C(g) \rightarrow D(g)$ 의 반응을 반응 온도 T_1 에서 관찰하였다. 이 반응은 C에 대한 1차 반응이고, 생성물 D의 농도를 관찰하였을 때, 다음과 같은 그래프를 얻었다.



[화학Ⅱ-i] <제시문 2>의 실험에서 평형에 도달한 후, 각기 다른 수은 기둥의 높이가 관찰되었다. (가)와 (나)에 녹아 있는 용질 A와 B의 몰 분율 비(즉, (가)수용액에서의 x_A : (나)수용액에서의 x_B)를 h_1, h_2, h_3 을 이용하여 나타내고, 그 근거를 제시하시오.

[화학Ⅱ-ii] <제시문 2>의 실험에서 (다) 용기에 포함 된 물의 양을 120 g으로 증가 시켰을 때, h_1, h_2, h_3 의 변화를 논하시오. (단, 온도의 변화는 없다.)

[화학Ⅱ-iii] <제시문 4>의 실험에서 반응물 C의 초기 농도 $[C]_0$ 값을 구하고, 그 근거를 제시하시오.

[화학Ⅱ-iv] <제시문 4>의 실험에서, 반응 온도를 T_2 로 낮추게 되면 반응속도 상수가 절반으로 감소한다. 문제 [화학Ⅱ-iii]에서 구한 C의 초기 농도 $[C]_0$ 을 반응 온도 T_2 에서 반응을 시켰을 때, 반응물 C의 농도가 0.12 M 이 되는데 걸리는 시간을 구하고, 그 근거를 제시하시오.

3. 출제 의도

화학 II 교과서 내용에 기반하여 물질의 상태, 용액, 화학 반응 속도 단원에 대한 기본적인 이해에 대해 묻고자 하였다. 특히, 이상 용액의 라울의 법칙, 화학 반응 속도, 반감기를 이해하고, 주어진 데이터를 해석할 수 있는지 묻고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽) (a) 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해 설명할 수 있다.

	교육과정 해설서	<p>(1) 다양한 모습의 물질</p> <p>우리 주변에 존재하는 물질들의 다양한 상태와 모습을 다룬다. 분자 간 상호작용의 크기에 따라 물질의 상태가 달라지는 것과, 각각의 상태에 따른 물질의 성질과 상변화를 설명한다. 용액의 농도를 정량적으로 다룸으로써 앞으로 학습할 화학 반응을 이해하는 데 기초가 되게 한다. 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명함으로써 용질과 용매 분자의 상호작용에 의한 용액의 성질을 이해하게 한다.</p> <p>⑧ 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 용매에 용질이 섞여서 용액이 되면 순수한 용매와는 다른 성질을 나타내게 되는데, 그 중에서 용질의 종류와 무관하고 용질의 분자수에 의존하는 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등의 총괄성을 다룬다. 비휘발성 용질이 녹아있는 묽은 용액에서 끓는점 오름을 증기압력과 관련지어 설명한다.</p>
제시문2	교육과정 문서	<p>(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽)</p> <p>㉞ 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(1) 다양한 모습의 물질</p> <p>우리 주변에 존재하는 물질들의 다양한 상태와 모습을 다룬다. 분자 간 상호작용의 크기에 따라 물질의 상태가 달라지는 것과, 각각의 상태에 따른 물질의 성질과 상변화를 설명한다. 용액의 농도를 정량적으로 다룸으로써 앞으로 학습할 화학 반응을 이해하는 데 기초가 되게 한다. 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명함으로써 용질과 용매 분자의 상호작용에 의한 용액의 성질을 이해하게 한다.</p> <p>⑧ 묽은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 용매에 용질이 섞여서 용액이 되면 순수한 용매와는 다른 성질을 나타내게 되는데, 그 중에서 용질의 종류와 무관하고 용질의 분자수에 의존하는 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등의 총괄성을 다룬다. 비휘발성 용질이 녹아있는 묽은 용액에서 끓는점 오름을 증기압력과 관련지어 설명한다.</p>
제시문3	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>㉞ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>㉞ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어</p>

		<p>어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로서 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.</p> <p>④ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. 우리 생활 주변에서 온도에 의해서 반응 속도가 변화하는 예를 도입하고, 실험이나 자료해석 등을 통하여 온도와 반응 속도의 관계를 알아보도록 한다. 온도와 반응 속도의 관계를 온도에 따른 기체 분자 운동 에너지 분포 곡선을 이용하여 설명하도록 한다.</p>
	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>㉔ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>㉕ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다.</p>
제시문4	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로서 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것</p>

		<p>을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.</p> <p>④ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. 우리 생활 주변에서 온도에 의해서 반응 속도가 변화하는 예를 도입하고, 실험이나 자료 해석 등을 통하여 온도와 반응 속도의 관계를 알아보도록 한다. 온도와 반응 속도의 관계를 온도에 따른 기체 분자 운동 에너지 분포 곡선을 이용하여 설명하도록 한다.</p>
화학Ⅱ - i	교육과정 문서	<p>(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽)</p> <p>㉞ 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(1) 다양한 모습의 물질</p> <p>우리 주변에 존재하는 물질들의 다양한 상태와 모습을 다룬다. 분자 간 상호작용의 크기에 따라 물질의 상태가 달라지는 것과, 각각의 상태에 따른 물질의 성질과 상변화를 설명한다. 용액의 농도를 정량적으로 다룸으로써 앞으로 학습할 화학 반응을 이해하는 데 기초가 되게 한다. 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명함으로써 용질과 용매 분자의 상호작용에 의한 용액의 성질을 이해하게 한다.</p> <p>⑧ 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 용매에 용질이 섞여서 용액이 되면 순수한 용매와는 다른 성질을 나타내게 되는데, 그 중에서 용질의 종류와 무관하고 용질의 분자수에 의존하는 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등의 총괄성을 다룬다. 비휘발성 용질이 녹아있는 묶은 용액에서 끓는점 오름을 증기압력과 관련지어 설명한다.</p>
화학Ⅱ - ii	교육과정 문서	<p>(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽)</p> <p>㉞ 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대해 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(1) 다양한 모습의 물질</p> <p>우리 주변에 존재하는 물질들의 다양한 상태와 모습을 다룬다. 분자 간 상호작용의 크기에 따라 물질의 상태가 달라지는 것과, 각각의 상태에 따른 물질의 성질과 상변화를 설명한다. 용액의 농도를 정량적으로 다룸으로써 앞으로 학습할 화학 반응을 이해하는 데 기초가 되게 한다. 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명함으로써 용질과 용매 분자의 상호작용에 의한 용액의 성질을 이해하게 한다.</p> <p>⑧ 묶은 용액의 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등 총괄성에 대하여 설명할 수 있다. 용매에 용질이 섞여서 용액이 되면 순수한 용매와는 다른 성질을 나타내게 되는데, 그 중에서 용질의 종류와 무관하고 용질의 분자수에 의존하는 증기압 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림, 삼투압 등의 총괄성을 다룬다. 비휘발성 용질이 녹아있는 묶은 용액에서 끓는점 오름을 증기압력과 관련지어 설명한다.</p>
화학Ⅱ - iii	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>㉞ 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다.</p>

	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식, 반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>② 화학 반응 속도를 반응 물질의 농도로 표현할 수 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>시간에 따른 반응물이나 생성물의 농도 변화로부터 화학 반응 속도를 표현할 수 있음을 알게하고 반응 속도식을 소개한다.</p> <p>③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로서 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.</p> <p>⑤ 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다. 반응 물질보다 생성 물질의 엔탈피가 낮은 경우에도 반응이 일어나기 어려운 경우가 있음을 에너지 장벽의 개념을 도입하여 설명한다. 이때 다양한 그림 자료나 비유 등을 사용하여 이해시키면 학습 효과가 증대될 수 있다.</p>
화학Ⅱ-iv	교육과정 문서	<p>(4) 화학 반응 속도 (98쪽)</p> <p>(㉔) 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다.</p> <p>(㉕) 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>(4) 화학 반응 속도</p> <p>실험실에서나 우리 주변에서나 많은 경우에 어떤 화학 시스템은 화학 평형을 향하여 나가고 있다. 특히 생명 현상은 비평형 상태에서 일어난다. 화학 평형을 향하여 변화하고 있는 화학 시스템의 예를 들고, 변화의 속도가 중요한 의미를 지닌다는 점을 이해시킨다. 화학 반응에서 자발적인 반응이라 하더라도 상온에서 매우 느리게 진행되는 경우가 있는데, 산업적 반응이 유용하려면 적당한 반응 속도가 필요하다.</p> <p>화학 반응을 이해하기 위하여 앞에서 학습한 화학양론과 열역학적 접근과 더불어 반응 속도론적 접근이 요구된다. 반응 속도를 이해하기 위하여 반응 속도식,</p>

		<p>반응 차수, 반감기, 에너지 장벽을 다루도록 한다. 반응 속도를 변화시킬 수 있는 요인으로서 농도, 온도, 촉매 등을 다루고, 특히 촉매에 대해서는 종류와 역할 뿐 만 아니라, 생명 현상 또는 산업적 이용 등과 관련하여 이해하게 한다.</p> <p>③ 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. 농도를 변화시킴으로서 반응 속도가 변한다는 것을 반응 물질을 구성하는 분자들의 충돌로 설명한다. 실험이나 자료해석 등을 통하여 반응 속도식을 결정하는 방법을 이해하게 한다. 반응 속도식에서 반응 차수를 알아내고 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 다룬다. 우리 생활 주변에서 농도에 따라 반응 속도가 변화하는 예를 알게 한다. 반감기의 의미를 설명하고, 1차 반응의 경우 반감기가 항상 일정하다는 것을 이해하게 한다. 수학적 내용이 많이 포함되면 어려워질 수 있기 때문에 학생들의 수준에 따라 난이도를 조절한다.</p> <p>④ 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. 우리 생활 주변에서 온도에 의해서 반응 속도가 변화하는 예를 도입하고, 실험이나 자료해석 등을 통하여 온도와 반응 속도의 관계를 알아보도록 한다. 온도와 반응 속도의 관계를 온도에 따른 기체 분자 운동 에너지 분포 곡선을 이용하여 설명하도록 한다.</p>
--	--	--

나) 자료 출처

<제시문1>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	59-67
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	62-68
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	59-64
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	66-73

<제시문2>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	59-67
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	62-68
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	59-64
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	66-73
기타	수능특강 화학II	오창호 외 5인	EBS	2016	61

<제시문3>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	248-255
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	213-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	225-235
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	213-224

<제시문4>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	248-255
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	213-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	225-235
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	213-224
기타	수능특강 화학II	오창호 외 5인	EBS	2016	185

[화학 II-i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	59-67
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	62-68
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	59-64, 73
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	66-73

[화학 II-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	59-67
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	62-68
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	59-64, 73
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	66-73
기타	수능특강 화학II	오창호 외 5인	EBS	2016	61

[화학 II-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	248-255
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	213-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	225-235
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	213-224
기타	수능특강 화학II	오창호 외 5인	EBS	2016	185

[화학 II-iv]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학II	박종석 외 5인	교학사	2011	248-255, 265
	화학II	노태희 외 8인	천재교육	2011	213-219
	화학II	류해일 외 8인	비상교육	2011	225-235
	화학II	김희준 외 9인	상상아카데미	2011	213-224
기타	수능특강 화학II	오창호 외 5인	EBS	2016	185

5. 문항 해설

[화학 II-i]

압력의 평형, 라울의 법칙, 이상 용액과 관련 된 총괄적 성질을 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 II-ii]

압력의 평형, 라울의 법칙, 이상 용액과 관련 된 총괄적 성질을 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 II-iii]

반응 속도식과 반응 속도 데이터를 이용하여, 반감기를 이해하는지 묻는 문제이다.

[화학 II-iv]

화학 반응 속도 상수의 증감이 온도에 따라 달라지는데, 이 특성이 실험 결과에 어떻게 적용되는지를 이해하고 있는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항		채점 기준	배점
화학 II - i	예시답안	<p>(가) 수용액의 압력 $P_A = h_3 - h_2 - h_1$ $P_{\text{물}} = h_3$ 증기압 내림 $\Delta P_A = P_{\text{물}} - P_A = h_3 - (h_3 - h_2 - h_1) = h_2 + h_1$ $\Delta P_A = P_{\text{물}} \times x_A = h_3 \times x_A$ 따라서, $h_3 \times x_A = h_2 + h_1$ $x_A = \frac{h_2 + h_1}{h_3}$</p> <p>(나) 수용액의 압력 $P_B = h_3 - h_2$ $P_{\text{물}} = h_3$ 증기압 내림 $\Delta P_B = P_{\text{물}} - P_B = h_3 - (h_3 - h_2) = h_2$ $\Delta P_B = P_{\text{물}} \times x_B = h_3 \times x_B$ 따라서, $h_3 \times x_B = h_2$ $x_B = \frac{h_2}{h_3}$ $x_A : x_B = \frac{h_2 + h_1}{h_3} : \frac{h_2}{h_3}$ $= h_2 + h_1 : h_2$</p>	8점
	채점기준	$x_A = \frac{h_2 + h_1}{h_3}, x_B = \frac{h_2}{h_3}$ 각각 2점 $x_A : x_B = \frac{h_2 + h_1}{h_3} : \frac{h_2}{h_3} = h_2 + h_1 : h_2$ 4점	
화학 II - ii	예시답안	<p>물의 증기압은 부피와 상관없이 없다.(또는 물의 증기압은 질량과는 상관없이 없다.) 물의 양을 120 g으로 증가 시켜도 h_3는 변하지 않는다. 따라서 h_2와 h_1의 변화도 없다.</p>	4점
	채점기준	변화가 없다. (설명이 없으면 0) 4점	
화학 II - iii	예시답안	<p>D의 농도 증가량이 1/2 배씩 감소하는데 걸린 시간이 3분으로 일정하다. 따라서 C의 반감기는 3분이다. 처음 3분 동안 생성된 D의 농도가 0.08 M 이므로, 소모된 C의 양은 $0.08 \text{ M} \times 3 = 0.24 \text{ M}$이다.(왜냐면, $3\text{C(g)} \rightarrow \text{D(g)}$ 이기 때문이다.) 이 양은 전체 농도의 1/2이므로, C의 초기 농도 $[\text{C}]_0$ 는 0.48 M이다.</p>	5점
	채점기준	초기 농도 $[\text{C}]_0$ 는 0.48 M이다. 5점	
화학 II - iv	예시답안	<p>반응 온도를 T_2로 낮추게 되면 반응 속도 상수가 2배 감소하므로, C의 반감기는 6분이다. C의 초기 농도 $[\text{C}]_0$ 는 0.48 M이므로 이 값이</p>	8점

		0.12 M이 되기 위해서는 2번의 반감기를 거쳐야 한다. 즉, 12분이 걸린다.	
	채점기준	T ₂ 에서 C의 반감기는 6분이다. 4점 0.12 M이 되기 위해 12분이 걸린다. 4점	

7. 예시 답안

[화학 II-i]

(가) 수용액의 압력 $P_A = h_3 - h_2 - h_1$

$$P_{\text{물}} = h_3$$

$$\text{증기압 내림 } \Delta P_A = P_{\text{물}} - P_A = h_3 - (h_3 - h_2 - h_1) = h_2 + h_1$$

$$\Delta P_A = P_{\text{물}} \times x_A = h_3 \times x_A$$

$$\text{따라서, } h_3 \times x_A = h_2 + h_1$$

$$x_A = \frac{h_2 + h_1}{h_3}$$

(나) 수용액의 압력 $P_B = h_3 - h_2$

$$P_{\text{물}} = h_3$$

$$\text{증기압 내림 } \Delta P_B = P_{\text{물}} - P_B = h_3 - (h_3 - h_2) = h_2$$

$$\Delta P_B = P_{\text{물}} \times x_B = h_3 \times x_B$$

$$\text{따라서, } h_3 \times x_B = h_2$$

$$x_B = \frac{h_2}{h_3}$$

$$x_A : x_B = \frac{h_2 + h_1}{h_3} : \frac{h_2}{h_3}$$

$$= h_2 + h_1 : h_2$$

[화학 II-ii]

물의 증기압은 부피와 상관없이 없다. 물의 양을 120 g으로 증가 시켜도 h_3 는 변하지 않는다. 따라서 h_2 와 h_1 의 변화도 없다.

[화학 II-iii]

D의 농도 증가량이 1/2 배씩 감소하는데 걸린 시간이 3분으로 일정하다. 따라서 C의 반감기는 3분이다. 처음 3분 동안 생성된 D의 농도가 0.08 M 이므로, 소모된 C의 양은 $0.08 \text{ M} \times 3 = 0.24 \text{ M}$ 이다.(왜냐면, $3\text{C(g)} \rightarrow \text{D(g)}$ 이기 때문이다.) 이 양은 전체 농도의 1/2이므로, C의 초기 농도 $[\text{C}]_0$ 는 0.48 M이다.

[화학 II-iv]

반응 온도를 T_2 로 낮추게 되면 반응 속도 상수가 2배 감소하므로, C의 반감기는 6분이다. C의 초기 농도 $[\text{C}]_0$ 는 0.48 M이므로 이 값이 0.12 M이 되기 위해서는 2번의 반감기를 거쳐야 한다. 즉, 12분이 걸린다.

⑦ 생명과학 I

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(생명과학 I)	
문항번호	생명과학 I - i ~ iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 I)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	세포와 생명의 연속성에서 사람의 유전
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

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

<제시문1>

형질이 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되어 대립 형질이 명확하게 구분되는 유전 현상을 단일 인자 유전이라고 한다. 보조개, 쌍꺼풀, 혀말기 등은 단일 인자 유전 형질이며, 상염색체에 의한 유전에 속한다. 사람의 X 염색체에는 수많은 유전자가 있는데, 이러한 유전자들에 의해 나타나는 유전 현상을 반성 유전이라고 한다. 색맹 유전 외에 혈우병 유전도 여기에 속한다. 서로 다른 형질을 결정하는 여러 개의 유전자들이 동일한 염색체에 함께 존재하는 현상을 연관이라고 한다.

<제시문2>

염색체 수는 정상이라도 염색체 구조에 이상이 생기면 염색체 돌연변이가 나타난다. 염색체 구조 이상에는 결실, 중복, 역위, 전좌가 있다. 전좌는 염색체 조각이 상동 관계가 아닌 다른 염색체에 옮겨 붙는 것이다. 다운 증후군은 보통 염색체 비분리에 의해 21번 염색체를 3개 가지고 있는 경우 발생하지만, 드물게 21번 염색체가 상동 관계가 아닌 다른 염색체에 전좌가 일어나서 발생하기도 한다.

<제시문3>

생식 세포 분열은 분열 중 염색체 수와 DNA 양이 반으로 줄어들기 때문에 감수 분열이라고도 한다. 생식 세포는 수정 과정을 통해 체세포와 같은 염색체 수와 DNA 양을 회복한다. 감수 분열 시 모든 염색체가 분리되지 않으면 염색체 수가 배로 증가할 수 있다. 이러한 현상을 배수성 돌연변이라 한다. 배수성 돌연변이는 동물에서는 보기 어렵지만 식물에서는 흔하게 발견된다.

※ 아래 [생명과학 I -i] ~ [생명과학 I -iii] 문제의 감수 분열 과정에서, 제시한 조건이외의 돌연변이와 교차는 일어나지 않는다고 가정한다.

[생명과학 I - i] 허말기가 가능하고 색맹과 혈우병을 모두 가진 아버지와 허말기가 가능하고 색맹과 혈우병을 가지지 않는 어머니 사이에서 태어난 첫 번째 아들은 허말기가 불가능하였고, 두 번째 아들은 색맹과 혈우병을 모두 가지고 있었다. 세 번째 아이가 아들이면서, 허말기가 가능하고, 혈우병과 색맹을 모두 가지지 않는 정상 아이일 확률을 구하고, 그 근거를 제시하시오.

[생명과학 I - ii] 문제 [생명과학 I - i]에서 제시한 어머니의 난자 형성과정에서 21번 염색체의 대부분이 X 염색체의 말단에 옮겨 붙는 전좌가 일어나서, 수정 이후에 21번 염색체를 3개 가지게 되므로 모든 경우에 다운 증후군이 발생한다고 가정하자. 이 어머니의 난자와 문제 [생명과학 I - i]에서 설명한 아버지의 정자가 수정하여 태어날 딸이 아래 표와 같은 표현형을 보일 확률을 각각 구하고, 그 근거를 제시하시오. (단, 허말기 유전자는 21번 이외의 상염색체에 위치하며, 혈우병에 의한 치사는 없다고 가정한다.)

딸의 표현형	예상 확률
다운 증후군 증상이 나타나고, 색맹과 혈우병은 정상이며, 허말기가 가능할 확률	()
다운 증후군 증상이 나타나고, 색맹과 혈우병은 정상이며, 허말기가 불가능할 확률	()
다운 증후군, 색맹, 혈우병 증상이 모두 나타나고, 허말기가 불가능할 확률	()

[생명과학 I - iii] AaBbDd 유전자형을 가진 식물 P1을 자가 교배하였더니 자손의 표현형이 9가지였다. D는 d에 대해 불완전 우성이며, A와 B는 a와 b에 대해 각각 우성이다. 꽃 색깔은 D 개수에 의해 결정되고, 개수가 많을수록 색깔이 더 붉어진다. A와 B는 잎의 길이를 결정하는 유전자로서 A가 있을 때 중간 길이의 잎, B가 있을 때 짧은 잎, A와 B가 동시에 있을 때 길이가 긴 잎이 만들어진다. P1 식물의 배수성 돌연변이에 의해 만들어진 P2 식물의 유전자형은 AAaaBBbbDDdd 이다. 식물 P2를 자가 교배하면 몇 가지 종류의 표현형을 관찰할 수 있는지 근거를 제시하여 논하시오. 그리고 P2 식물의 자가 교배에 의해 생긴 자손 중 꽃 색깔이 가장 붉으면서 긴 잎을 가진 식물을 얻을 확률은 얼마인지 구하고, 그 근거를 제시하시오.

3. 출제 의도

유전은 모든 생명체가 생명 현상을 유지하는데 필요하다. 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해하고, 이 원리를 사람의 유전 현상을 설명하는데 적용할 수 있다. 본 문제에서는 하나의 염색체에 여러 유전자가 연관되어 있는 경우에 자손에 전달되는 유전 양식을 이해하고 논리적으로 설명할 수 있는지 묻고자 하였다. 또한 유전자가 서로 다른 염색체에 위치하는 경우의 독립 유전과 하나의 염색체에 연관되어 있는 경우에 유전자의 수와 대립 유전자의 조합에 따라 다양한 형질이 나올 수 있다는 것을 정확히 이해하고 설명할 수 있는지 묻고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용 교육과정	(고시번호)	
	1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (105쪽)

		(나) 유전 ① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다. ② 사람의 여러 가지 유전 현상을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	형질 조사를 통해 단일 인자 유전, 다인자 유전을 구분하는 것을 다루고 우성과 열성이 뚜렷하게 구분되는 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아보게 한다.
제시문2	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (105쪽) (나) 유전 ① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다. ② 사람의 여러 가지 유전 현상을 설명할 수 있다. ③ 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	유전자 돌연변이, 염색체 수와 구조적 이상에 의한 돌연변이 형질을 유전자의 변화와 관련지어 이해하게 한다.
제시문3	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (105쪽) (가) 세포와 세포분열 ③ 감수분열에서의 염색체 행동을 유전자와 관련지음으로써 생명의 연속성을 이해한다. (나) 유전 ① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다. ② 사람의 여러 가지 유전 현상을 설명할 수 있다. ③ 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	감수분열에 의해 형성된 생식세포의 수정을 통해 다양한 유전자 조합을 가진 자손이 탄생한다는 것을 이해하게 한다.
생명과학 I-i	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	멘델 법칙으로만 설명할 수 없는 연관 등을 다룸으로써 다양한 유전 현상이 있음을 이해하게 한다.
생명과학 I-ii	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	사람에서 나타나는 유전자 돌연변이와 염색체 돌연변이 형질을 유전자의 변화와 관련지어 이해하게 한다.
생명과학 I-iii	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	유전자 돌연변이, 염색체 수와 구조적 이상에 의한 돌연변이 형질을 유전자의 변화와 관련지어 이해하게 한다. 생식세포가 만들어질 때 감수분열이 일어남을 알고, 분열 과정에서 나타나는 염색체의 행동을 유전물질의 복제, 분배와 관련지어 이해하게 한다. 또, 감수분열에 의해 형성된 생식세포의 수정을 통해 다양한 유전자 조합을 가진 자손이 탄생한다는 것을 이해하게 한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016	93
	생명과학I	박희송외 4명	교학사	2016	109, 117
	생명과학I	이준규외 5명	천재교육	2016	88
	생명과학I	이길재외 7명	상상아카데미	2016	85

5. 문항 해설

유전 양식 중 상염색체와 성염색체에 의한 우성 또는 열성 형질 유전을 구분하고, 서로 다른 염색체에 있는 유전자들의 독립 유전과 동일한 염색체에 있는 유전자들의 연관 유전을 예측하여 태어날 자손의 형질 발현 가능성을 확률로 계산할 수 있는지 묻는 문제이다. 또한 유전자형과 표현형의 상관관계를 정확히 이해하고 있는지 묻고자 하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
생명과학 I -i	아이가 아들일 확률 (1/2), 혀말기가 가능할 확률 (3/4), 혈우병과 색맹을 가지지 않을 확률 (1/2)을 곱하면 3/16이라고 기술하면 3점	3점
	혀말기, 색맹, 혈우병이 열성 형질이며, 어머니가 색맹과 혈우병의 보인자라고 기술하여 확률 3/16을 얻게된 배경을 설명하면 3점.	3점
생명과학 I -ii	다운 증후군 증상이 나타나고, 색맹과 혈우병은 정상이며, 혀말기가 가능할 확률은 3/8이라고 기술하고, 그 근거를 제시하면 3점	3점
	다운 증후군 증상이 나타나고, 색맹과 혈우병은 정상이며, 혀말기가 불가능할 확률은 1/8이라고 기술하고, 그 근거를 제시하면 3점	3점
	다운 증후군, 색맹, 혈우병 증상이 모두 나타나고, 혀말기가 불가능할 확률은 1/8이라고 기술하고, 그 근거를 제시하면 3점	3점
생명과학 I -iii	D 유전자에 의해 5가지 형질, A와 B 유전자에 의해 3가지 형질이 가능하므로, 총 15가지 표현형이 가능하다고 기술하고, 그 근거를 제시하면 5점	5점
	꽃 색깔이 가장 붉은 경우의 확률은 1/16이고, 긴 잎을 가지는 경우의 확률은 7/8이므로 확률은 7/128이라고 기술하고, 그 근거를 제시하면 5점.	5점

7. 예시 답안

[생명과학 I-i]

<제시문1>에 나타난 바와 같이 색맹과 혈우병 유전자는 X 염색체에 연관되어 있으며, 혀말기는 상염색체 유전이므로 X 염색체와는 독립적으로 유전된다. 혀말기 형질은 두 부모가 정상인데 첫 번째 아들에서 혀말기가 불가능한 형질이 나타났으므로 열성 형질이며, 두 부모는 모두 보인자이다. 아들의 X 염색체는 어머니에게서 물려받는데 어머니는 형질이 나타나지 않았으나, 두 번째 아들은 색맹과 혈우병을 가지고 있으므로 어머니는 보인자이며, 열성 형질이다. 세 번째 아이가 아들일 확률은 1/2이며, 혀말기가 가능할 확률은 3/4이며, 혈우병

과 색맹을 가지지 않을 확률은 보인자인 어머니에게서 정상 X 염색체를 물려받을 확률이므로 $1/2$ 이다. 이 과정들은 모두 독립적으로 일어나므로 각각의 확률을 모두 곱하면 $1/2 \times 3/4 \times 1/2 = 3/16$ 이다.

[생명과학 I-ii]

문제 [I-i]에서 어머니의 상염색체는 혀말기 유전자 보인자이며, 2개의 X 염색체 중 하나는 색맹과 혈우병에 대해 정상인 염색체, 다른 하나는 돌연변이 염색체를 가지고 있는 보인자이다. 문제에서 전좌에 의해 X 염색체에 21번 염색체가 옮겨 붙어 모든 경우에 다운 증후군이 추가로 발생한다고 하였다. 다운 증후군 증상만 나타나기 위해서는 21번 염색체가 정상 X 염색체에 전좌가 일어나야 하며 확률은 $1/2$ 이다. 이와 독립적으로 혀말기가 가능할 확률은 $3/4$ 이다. 이 과정은 독립적으로 일어나므로 각 확률을 곱하면 $1/2 \times 3/4 = 3/8$ 이다. 혈우병과 색맹이 나타나지 않으면서 다운 증후군이 발생하려면 21번 염색체가 정상 X 염색체에 전좌가 일어나야 하며 확률은 $1/2$ 이다. 혀말기가 불가능할 확률은 $1/4$ 이다. 이 과정은 독립적으로 일어나므로 각 확률을 곱하면 $1/2 \times 1/4 = 1/8$ 이다.

다운 증후군, 색맹, 혈우병 증상이 모두 나타나기 위해서는 21번 염색체가 돌연변이 X 염색체에 전좌가 일어나야 하며 확률은 $1/2$ 이다. 혀말기가 불가능할 확률은 $1/4$ 이다. 이 과정은 독립적으로 일어나므로 각 확률을 곱하면 $1/2 \times 1/4 = 1/8$ 이다.

[생명과학 I-iii]

식물 P1에서 D유전자는 d유전자에 대해 불완전 우성이므로 3가지 형질이 가능하므로, A와 B 유전자에 의해 3가지 표현형이 나와야 총 9가지 표현형이 가능하다. 그러므로 A와 B 유전자는 A와 b 대립 형질과 a와 B 대립 형질이 하나의 염색체에 연관되어 있을 때 3가지 표현형이 가능하다. 즉, 두 개의 염색체에 a/B, A/b, D, d 대립 형질들에 의한 유전 현상으로 이해하면 된다. 식물 P1에서 배수성 돌연변이에 의해 AAaaBBbbDDdd 유전자형을 가진 식물 P2가 만들어졌으므로, P2에서 만들어질 수 있는 배우체들은 AAbb, AaBb, aaBB 가 1:2:1의 비율로 만들어지며, 여기서 나올 수 있는 표현형은 3가지 (A_bb, aaB_, A_B_)이다. D 또는 d 대립 형질을 가지는 배우체의 경우는 DD, Dd, dd가 1:2:1의 비율로 만들어지며, 여기서 만들어질 수 있는 표현형은 D 대립 형질의 개수에 따라 5가지 표현형이 가능하다. 이 과정은 독립적으로 일어나므로 모두 $3 \times 5 = 15$ 가지 표현형이 가능하다.

꽃 색깔이 가장 붉은 경우는 D 대립 형질을 4개 가지고 있을 때 나타나며, 확률은 $1/16$ 이다. 긴 잎을 가지는 경우는 A와 B 대립 유전자를 모두 가지고 있는 경우이며 확률은 $7/8$ 이다. 이 과정은 독립적으로 일어나므로 확률은 $1/16 \times 7/8 = 7/128$ 이다.

⑧ 생명과학 II

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	논술우수전형	
계열(과목)	자연계(생명과학 II)	
문항번호	생명과학 II - i ~ iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 II
	핵심개념 및 용어	DNA 재조합과 유전자 발현
답안 작성 시간	30분 / 전체 120분	

2. 문항 및 제시문

[생명과학 II] 다음 <제시문1> ~ <제시문3>을 읽고 [생명과학 II-i] ~ [생명과학 II-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문1>

제한 효소는 특정한 염기 서열을 인식하여 자르므로 인식 서열에 변화가 일어나면 제한 효소는 염기 서열을 인식하지 못해 자르지 못한다. 다른 DNA라도 같은 제한 효소로 절단하면 잘리는 부위가 동일하므로 연결 효소로 서로 연결할 수 있다. 그러나 서로 다른 제한 효소에 의해 생긴 DNA 조각이라 하더라도 말단의 단일 가닥이 서로 상보적이면 DNA 조각은 연결 효소에 의해 연결될 수 있다. 효율적으로 재조합 DNA를 만들기 위해서 젓당 분해 효소 유전자를 암호화하는 *lacZ*라는 유전자를 가지고 있는 플라스미드를 사용한다. 젓당 분해 효소는 X-gal이라는 물질을 분해하여 대장균 군체(콜로니)를 흰색에서 푸른색으로 변화시킨다.



제한 효소	인식 서열과 절단 위치	제한 효소	인식 서열과 절단 위치
<i>EcoRI</i>	5'-GAATTC-3' 3'-CTTAAG-5'	<i>BglII</i>	5'-A GATCT-3' 3'-TCTAG A-5'
<i>BamHI</i>	5'-GGATCC-3' 3'-CCTAGG-5'	<i>HindIII</i>	5'-AAGCTT-3' 3'-TTCGAA-5'

<제시문2>

대장균에 젓당 오페론의 발현을 억제하는 억제 단백질이 있다. 젓당이 없는 경우에는 억제 단백질이 오페론의 작동 부위에 결합하여 오페론의 발현을 억제한다. 젓당이 있는 경우에는 젓당 유도체가 억제 단백질

에 결합하여 구조를 변화시킴으로써 억제 단백질이 더 이상 작동 부위에 결합하지 못하게 한다.

<제시문3>

인슐린을 대장균에서 대량 생산하기 위해 플라스미드 B에 들어있는 인슐린 유전자를 젓당 오페론 프로모터와 작동 부위를 가지고 있는 플라스미드 A에 옮긴 재조합 DNA를 만들려고 한다(오른쪽 그림 참조). 오른쪽 표는 제한 효소 인식 서열, 절단 위치, 각 플라스미드를 해당 제한 효소로 잘라서 나오는 DNA 조각의 크기를 나열한 것이다.

제한효소	플라스미드 A DNA 조각 크기(kb)	플라스미드 B DNA 조각 크기(kb)
<i>Eco</i> RI	2.5	2.0, 4.0
<i>Bam</i> HI	5.0	1.5, 4.5
<i>Hind</i> III	5.0	잘리지 않음
<i>Eco</i> RI/ <i>Bam</i> HI	1.0, 1.5, 2.5	1.0, 1.5, 2.0
<i>Eco</i> RI/ <i>Hind</i> III	1.0, 1.5, 2.5	2.0, 4.0
<i>Bgl</i> II	잘리지 않음	6.0
<i>Eco</i> RI/ <i>Bgl</i> II	2.5	2.0
<i>Bam</i> HI/ <i>Hind</i> III	2.5	1.5, 4.5
<i>Bam</i> HI/ <i>Bgl</i> II	5.0	0.5, 1.0, 4.5

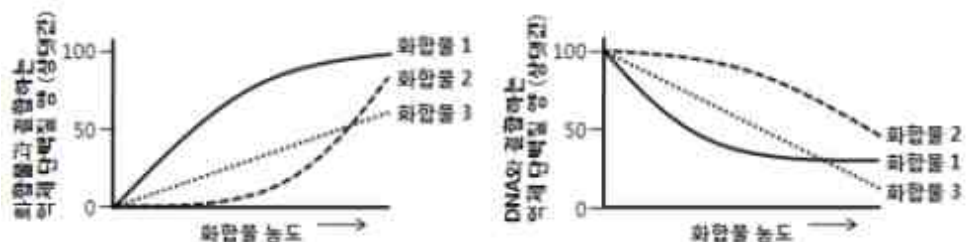
[생명과학Ⅱ-i] <제시문>에는 플라스미드 A와 B를 제한 효소로 잘라서 나온 DNA 조각의 크기가 표에 나타나 있다. 원형의 플라스미드 A와 B를 옮겨 그리고, 그 위에 표에서 제시한 각 제한 효소가 인지하는 위치를 표시하고, 각 위치 사이의 거리를 kilobase (kb) 단위로 나타내시오.

[생명과학Ⅱ-ii] 플라스미드 A를 *Bam*HI로 자르고, 플라스미드 B를 *Eco*RI/*Bam*HI/*Bgl*II로 동시에 잘라서 생긴 DNA 조각을 합하여 연결한 뒤 대장균에 도입하여 앰피실린과 X-gal을 포함한 배지에서 흰색과 푸른색 군체(콜로니)를 얻었다. 여러 개의 흰색 군체에서 재조합된 플라스미드를 각각 분리하여 아래와 같은 3가지 조건으로 분석하였다. 이때, 아래 표에 나열한 바와 같이 3가지 분류 기준에 의한 플라스미드 종류 수와 각 종류별 플라스미드 또는 DNA 조각의 크기를 구하고, 그 근거를 제시하시오. (단, 플라스미드 A에는 2개의 DNA 조각이 동시에 들어갈 수 없다고 가정한다.)

재조합 플라스미드 분석 방법 및 분류 기준	플라스미드 종류 수	각 종류 별 플라스미드 또는 DNA 조각 크기
재조합 플라스미드를 플라스미드 크기를 기준으로 분류	() 종류	각 종류별 플라스미드 크기 ()
재조합 플라스미드를 각각 <i>Eco</i> RI로 자르고, 잘려 나온 DNA 조각의 크기를 기준으로 플라스미드를 분류	() 종류	각 종류별 DNA 조각 크기 ()
재조합 플라스미드를 각각 <i>Eco</i> RI과 <i>Bam</i> HI로 자르고, 잘려 나온 DNA 조각의 크기를 기준으로 플라스미드를 분류	() 종류	각 종류별 DNA 조각 크기 ()

[생명과학Ⅱ-iii] 문제 [생명과학Ⅱ-ii]에서 만든 재조합 DNA에서 인슐린을 생산하기 위해 젓당 유도체와 기능이 유사한 3가지 종류의 화합물의 특성을 분석하였다. 각 화합물의 농도 별로 억제 단백질이 화합물 또는 작동 부위 DNA에 결합하는 특성을 분석하여 아래 그래프와 같은 실험 결과를 얻었다. <제시문2> 내용과 아래 실험 결과를 고려할 때 3

가지 화합물 중 어떤 화합물을 이용하면 가장 많은 양의 인슐린을 생산할 수 있는지 근거를 제시하여 논하시오. (단, 각 화합물은 실험에서 사용한 농도 범위 내에서 충분한 양을 사용한다고 가정한다.)



3. 출제 의도

최근 생명 공학 기술의 발달로 DNA 조작을 통해 새로운 생물로 변화시키는 것이 가능해졌다. 생명 공학 기술 중에서 핵심 기술인 유전자 재조합은 DNA를 인위적으로 자르고 연결하여 새로운 유전자 조합을 만드는 기술이다. DNA를 재조합하기 위해서는 DNA 운반체, 제한 효소, 연결 효소가 이용된다. 이 과정에서 제한 효소의 특성을 이해하고, 이 특성을 DNA 운반체 준비 및 분석에 응용할 수 있는지 묻는 문제이다. 또한 재조합 DNA를 이용하여 유용한 단백질을 생산하는 과정을 유전자 발현과 연관하여 이해하고 있는지 묻고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

1) 교육과정 및 성취기준

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문1	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
제시문2	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) (가) 유전자와 형질 발현 ② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다. ③ 원핵세포와 진핵세포에서 나타나는 유전자 발현의 조절 과정을 이해한다.
	교육과정 해설서	유전자에 존재하는 유전 정보가 어떻게 저장되어 있는지를 이해하게 하고, 유전 정보의 발현과정을 전사와 번역을 통한 단백질의 합성 과정을 통해 이해하게 한다.
제시문3	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
생명과학 Ⅱ-i	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) (나) 생명 공학 ① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
	교육과정 해설서	재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.

생명과학 II -ii	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) (나) 생명 공학 ① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기 이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
	교육과정 해설서	재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다.
생명과학 II -iii	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 (114쪽) (가) 유전자와 형질 발현 ② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다. ③ 원핵세포와 진핵세포에서 나타나는 유전자 발현의 조절 과정을 이해한다.
	교육과정 해설서	유전자에 존재하는 유전 정보가 어떻게 저장되어 있는지를 이해하게 하고, 유전 정보의 발현과정을 전사와 번역을 통한 단백질의 합성 과정을 통해 이해하게 한다.

2) 참고 자료

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	심규철외 5명	비상교육	2016	180
	생명과학II	권혁빈외 5명	교학사	2016	169
	생명과학II	이준규외 5명	천재교육	2016	123, 142
	생명과학II	이길재외 7명	상상아카데미	2016	145

5. 문항 해설

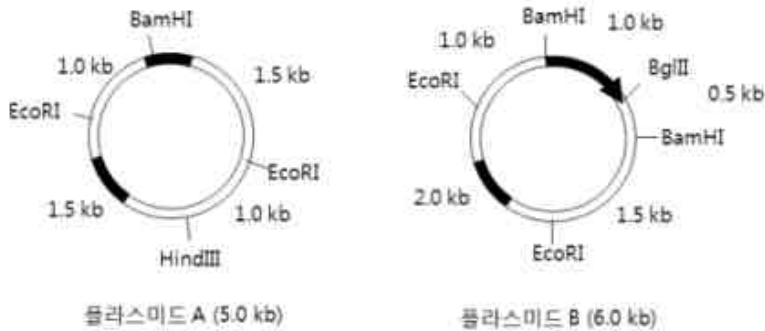
DNA를 재조합하기 위해서는 DNA 운반체, 제한 효소, 연결 효소가 이용된다. 이 과정에서 제한 효소에 의해 점착성 말단이 만들어지고, 서로 다른 제한 효소를 사용하더라도 단일 가닥의 점착성 말단이 동일하면 서로 연결이 가능하다는 것을 이해하고 있는지 묻는 문제이다. 또한 재조합 DNA와 유전자 발현 조절 원리를 이용한 단백질을 생산하는 과정을 이해하고 있는지 묻고자 하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
생명과학 II -i	플라스미드 A의 각 제한 효소 인식 위치와 거리를 옳게 표시하면 3점	6점
	플라스미드 B의 각 제한 효소 인식 위치와 거리를 옳게 표시하면 3점	
생명과학 II -ii	재조합 플라스미드 크기를 기준으로 분류하였을 때 플라스미드 종류 수와 플라스미드 크기를 옳게 기술하면 5점	15점
	EcoRI로 잘려 나온 DNA 조각 크기를 기준으로 분류하였을 때 플라스미드 종류 수와 DNA 조각 크기를 옳게 기술하면 5점	
	EcoRI/BamHI로 잘려 나온 DNA 조각 크기를 기준으로 분류하였을 때 플라스미드 종류 수와 DNA 조각 크기를 옳게 기술하면 5점	
생명과학 II -iii	화합물 3을 선택하면 2점	4점
	화합물 3을 선택한 근거를 옳게 기술하면 2점	

7. 예시 답안

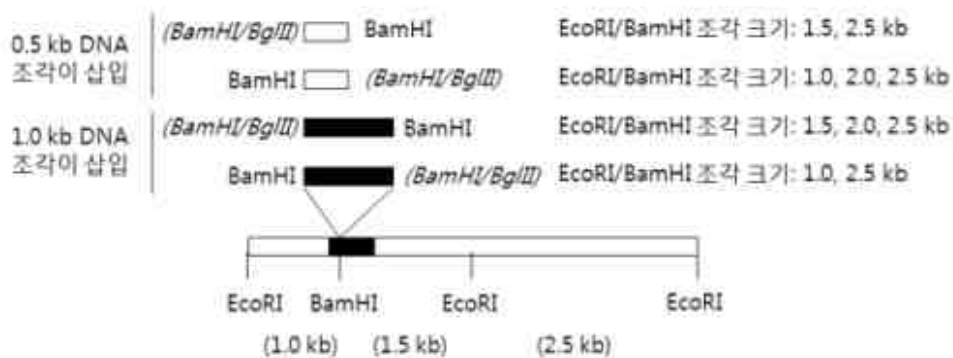
[생명과학 II-i]



위 플라스미드 A와 B를 각각 좌우 대칭의 형태로 그려도 정답임.

[생명과학 II-ii]

플라스미드 B의 조각 중에 BamHI 또는 BglII에 의해 잘려진 조각이 플라스미드 A의 BamHI 조각과 연결될 수 있다. 따라서 BamHI-BglII에 의해 잘려진 1.0 kb 조각과 BglII-BamHI에 의해 잘려진 0.5 kb 조각이 플라스미드 A의 BamHI 위치에 삽입될 수 있으며, DNA 조각의 삽입 방향에 따라 아래와 같이 4가지 종류의 재조합 플라스미드가 만들어진다. 이 플라스미드들은 플라스미드의 크기를 기준으로 하면 5.5와 6.0 kb의 2종류로 구분할 수 있다. EcoRI로 잘려진 조각의 크기를 기준으로 하더라도 (2.5, 3.0 kb)와 (2.5, 3.5 kb)의 2종류로 구분할 수 있다. 하지만 BglII에 의해 잘려서 만들어진 DNA 말단은 BamHI에 의해 생긴 DNA 조각과 서로 연결될 수는 있지만 연결된 이후에는 BamHI에 의해 다시 잘리지는 않으므로 아래 도식과 같이 4가지 종류로 구분할 수 있다.



분류 기준	DNA 종류 수	각 종류 별 플라스미드 및 DNA 조각 크기
플라스미드 크기 기준	(2) 종류	각 종류별 플라스미드 크기 (5.5 kb) (6.0 kb)
EcoRI에 의해 잘려 나온 DNA 조각 크기 기준	(2) 종류	각 종류별 DNA 조각 크기 5.5 kb 플라스미드의 경우: (2.5, 3.0) 6.0 kb 플라스미드의 경우: (2.5, 3.5)
EcoRI과 BamHI에 의해 잘려 나온 DNA 조각 크기 기준	(4) 종류	각 종류별 DNA 조각 크기 5.5 kb 플라스미드의 경우: (1.5, 2.5) (1.0, 2.0, 2.5) 6.0 kb 플라스미드의 경우 (1.5, 2.0, 2.5) (1.0, 2.5)

[생명과학 II-iii]

억제 단백질은 젓당 오페론의 작동 부위에 결합하여 전사가 일어나지 못하도록 억제한다. 젓당 유도체는 억제 단백질에 결합하여 억제 단백질의 구조를 변화시켜 작동 부위에 결합하지 못하게 한다(제시문2). 젓당 유도체와 유사한 기능을 하는 화합물이 억제 단백질에 결합하는 것은 유전자 발현 조절의 중간 과정이므로, 화합물과 억제 단백질의 결합보다는 화합물이 억제 단백질과 작동 부위와의 결합을 얼마나 억제하는가가 전사를 활성화시킬 수 있는지 결정짓는 요인이다. 따라서 충분한 양을 사용하였을 때, 화합물3이 화합물1에 비해 억제 단백질에 결합하는 정도는 약하더라도 화합물3이 억제 단백질에 결합되어 있을 때 억제 단백질과 작동 부위 DNA 사이의 결합이 더 잘 억제되므로 화합물3을 이용하면 가장 많은 양의 인슐린을 생산할 수 있다.