

3) 과학인재전형

(1) 수학

① 문제1

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제1- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	미적분I, 미적분II
	핵심개념 및 용어	부정적분, 정적분, 입체도형의 부피
답안 작성 시간	12.5분 / 전체 50분	

2. 문항 및 제시문

[문제 1] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

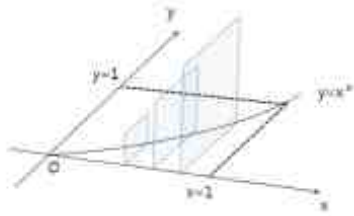
가. 함수 $y = x^a$ (a 는 실수)의 부정적분은 다음과 같다.

- $a \neq -1$ 일 때, $\int x^a dx = \frac{1}{a+1} x^{a+1} + C$ (단, C 는 적분상수)
- $a = -1$ 일 때, $\int \frac{1}{x} dx = \ln|x| + C$ (단, C 는 적분상수)

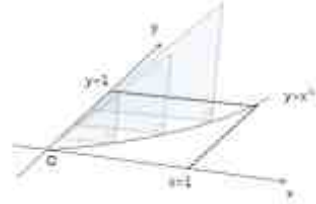
나. 함수 $f(x)$ 가 구간 $[a, b]$ 에서 연속이고, $f(x)$ 의 한 부정적분을 $F(x)$ 라고 하면 다음이 성립한다.

$$\int_a^b f(x) dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$$

다. 양의 실수 a 에 대하여, 곡선 $y = x^a$ 과 직선 $x = 1$ 및 x 축에 의하여 둘러싸인 도형을 밑면으로 하는 입체도형이 있다. 이 입체도형을 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면이 [그림 1]과 같이 정사각형일 때, 이 입체도형의 부피를 V_1 이라고 하자. 이와 비슷하게, 곡선 $y = x^a$ 과 직선 $y = 1$ 및 y 축에 의하여 둘러싸인 도형을 밑면으로 하는 입체도형이 있다. 이 입체도형을 y 축에 수직인 평면으로 자른 단면이 [그림 2]와 같이 직각이등변삼각형이고 이 삼각형의 세 변 중에서 길이가 짧은 변이 xy 평면 위에 놓여 있을 때, 이 입체도형의 부피를 V_2 라고 하자.



[그림 1]



[그림 2]

[문제 1-i] [5점] $a=1$ 일 때, V_1 과 V_2 의 값을 각각 구하고 그 이유를 논하시오.

[문제 1-ii] [10점] $V_1 = \frac{1}{5}$ 일 때, V_2 의 값을 구하고 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

본 문제는 좌표평면 안에서 간단한 함수의 곡선에 의해 정의된 영역 위에서, 단면이 정사각형 혹은 직각이등변삼각형인 입체도형의 부피를 정적분을 활용하여 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[문제 1-i] 단면적이 다항식으로 표현되는 입체도형의 부피를 정적분을 활용하여 구할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[문제 1-ii]. 단면적이 다른 변수에 의해 표현되는 함수의 형태를 띄는 입체도형의 부피를 정적분을 활용하여 구한 다음, 이를 통해 얻을 수 있는 방정식의 근을 구할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 가	교육과정	[미적분II] - (라) 적분법 - ① 여러 가지 적분법 ③ 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분II] - (라) 적분법 - 1) 여러 가지 적분법 미적2413-1. 함수 $y=x^n$ (n 은 실수)의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.
제시문 나	교육과정	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - ② 정적분 ③ 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - 2) 정적분 미적1423. 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다.
제시문 다	교육과정	[미적분II] - (라) 적분법 - ② 정적분의 활용 ② 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
	성취기준·	[미적분II] - (라) 적분법 - 2) 정적분의 활용

	성취수준	미적2422. 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
문제 1-i	교육과정	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - ② 정적분 ③ 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다. [미적분II] - (라) 적분법 - ② 정적분의 활용 ② 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - 2) 정적분 미적1423. 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다. [미적분II] - (라) 적분법 - 2) 정적분의 활용 미적2422. 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
문제 1-ii	교육과정	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - ② 정적분 ③ 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다. [미적분II] - (라) 적분법 - ② 정적분의 활용 ② 입체도형의 부피를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분I] - (라) 다항함수의 적분법 - 2) 정적분 미적1423. 부정적분과 정적분의 관계를 이해하고, 이를 이용하여 정적분을 구할 수 있다. [미적분II] - (라) 적분법 - 2) 정적분의 활용 미적2422. 입체도형의 부피를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분I	이강섭 외	미래엔	2016	165-168
	미적분I	우정호 외	동아출판	2016	197-204
	미적분II	신항균 외	(주)지학사	2016	153-156, 181-187
	미적분II	황선옥 외	좋은책 신사고	2016	136-140, 160-165

5. 문항 해설

적분법은 넓이 및 부피와 같은 물리량을 측정하는 데 있어서 가장 핵심적인 수학적 도구로, 현대 건축과 토목, 그리고 첨단 과학에 이르기까지 광범위한 분야에서 널리 활용된다. 본 문항의 핵심적인 내용은 「미적분II」의 ‘적분법’ 단원, 특히 정적분의 활용 부분에서 다루어진다. 따라서 본 문항을 통해 학생들이 제시문을 읽고, 좌표공간에서 특정한 단면을 가지는 입체도형을 잘 이해하는지, 그리고 부정적분 공식과 정적분을 활용하여 이 입체도형의 부피를 구할 수 있는지, 풀이 과정을 논리적으로 전개할 수 있는지를 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1-i	$a=1$ 일 때, V_1 의 값을 구할 수 있다.	2
	$a=1$ 일 때, V_2 의 값을 구할 수 있다.	3
문제 1-ii	V_1 을 a 로 표현할 수 있다.	4
	V_2 를 a 로 표현할 수 있다.	4
	$V_1 = 1/5$ 일 때의 V_2 를 구할 수 있다.	2

7. 예시 답안

[문제 1-i] V_1 은 평면 $x=t$ 으로 자른 단면의 면적이 t^2 인 입체도형의 부피이므로, $V_1 = \int_0^1 t^2 dt$ 가 성립하고,

[제시문 가-나]를 이용하면, $V_1 = \int_0^1 t^2 dt = \left[\frac{1}{3} t^3 \right]_0^1 = \frac{1}{3}$ 이 된다.

반면, V_1 은 평면 $y=t$ 으로 자른 단면의 면적이 $\frac{t^2}{2}$ 인 입체도형의 부피이므로, $V_2 = \int_0^1 \frac{t^2}{2} dt$ 가 성립하고, 마

찬가지로 [제시문 가-나]를 이용하면, $V_2 = \int_0^1 \frac{t^2}{2} dt = \left[\frac{1}{6} t^3 \right]_0^1 = \frac{1}{6}$ 이 된다.

[문제 1-ii] [1-i]에서와 같이 V_1 의 값은 $\int_0^1 t^{2a} dt = \left[\frac{1}{2a+1} t^{2a+1} \right]_0^1 = \frac{1}{2a+1}$ 이다. $y=t=x^a$ 에서 $x=t^{1/a}$ 이

므로, V_2 의 값은 $\int_0^1 \frac{1}{2} (t^{1/a})^2 dt = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{1+(2/a)} t^{1+(2/a)} \right]_0^1 = \frac{a}{2(a+2)}$ 이다.

조건 $V_1 = \frac{1}{5}$ 으로부터 $2a+1=5$ 을 얻게 되고, 따라서 $a=2$ 이고 V_2 의 값은 $\frac{a}{2(a+2)} = \frac{1}{4}$ 이다.

② 문제2

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제2- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	수학II, 미적분I, 기하와 벡터
	핵심개념 및 용어	등비수열, 등비급수, 좌표공간
답안 작성 시간	12.5분 / 전체 50분	

2. 문항 및 제시문

[문제 2] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

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

- $r \neq 1$ 일 때, $S_n = \frac{a(1-r^n)}{1-r} = \frac{a(r^n-1)}{r-1}$
- $r = 1$ 일 때, $S_n = na$

나. 좌표공간에서 두 점 $A(x_1, y_1, z_1)$ 과 $B(x_2, y_2, z_2)$ 사이의 거리는 다음과 같다.

$$\overline{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

[문제 2-i] [5점] 등비수열 $\{a_n\}$ 이 $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = 2 = 2 \sum_{n=2}^{\infty} a_n$ 을 만족할 때, 일반항 a_n 을 구하고 그 이유를 논하시오.

[문제 2-ii] [10점] [문제 2-i]의 수열 $\{a_n\}$ 에 대하여, 원점 O 에서 출발한 점 P 가 다음의 순서대로 이동한다.

- x 축과 평행하게 양의 방향으로 a_1 만큼 이동
- y 축과 평행하게 음의 방향으로 a_2 만큼 이동
- z 축과 평행하게 양의 방향으로 a_3 만큼 이동
- x 축과 평행하게 음의 방향으로 a_4 만큼 이동
- y 축과 평행하게 양의 방향으로 a_5 만큼 이동
- z 축과 평행하게 음의 방향으로 a_6 만큼 이동
- x 축과 평행하게 양의 방향으로 a_7 만큼 이동
-

즉, 점 P는 위의 순서와 같이 x 축, y 축 또는 z 축과 평행하게, 양과 음의 방향을 번갈아가면서 n 번째에 a_n 만큼 이동한다. 이 과정이 계속 진행될 때, 점 P가 한없이 가까워지는 점으로부터 원점까지의 거리를 구하고 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

본 문제는 특정한 조건을 가지는 등비수열의 일반항을 통해 등비급수의 값을 구할 수 있는지, 그리고 좌표공간 안에서 이 등비수열에 의해 정의되는 점의 움직임을 수학적으로 표현할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[문제 2-i] 등비수열에 부여된 조건을 통해 첫째항과 공비를 계산하고, 이를 통해 일반항을 구할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[문제 2-ii] 좌표공간 안에서 등비수열에 의해 정의되는 점의 움직임을 극한 값을 등비급수의 합을 통해 구할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 가	교육과정	[수학II] - (다) 수열 - ① 등차수열과 등비수열 ③ 등비수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학II] - (다) 수열 - 1) 등차수열과 등비수열 수학2313-2. 등비수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다.
제시문 나	교육과정	[기하와 벡터] - (다) 공간도형과 공간벡터 - ② 공간좌표 ② 좌표공간에서 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[기하와 벡터] - (다) 공간도형과 공간벡터 - 2) 공간좌표 기백1321/1322. 좌표공간에서 점의 좌표를 이해하고, 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
문제 2-i	교육과정	[미적분I] - (가) 수열의 극한 - ② 급수 ② 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분I] - (가) 수열의 극한 - 2) 급수 미적1122. 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다.
문제 2-ii	교육과정	[수학II] - (다) 수열 - ① 등차수열과 등비수열 ③ 등비수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다. [미적분I] - (가) 수열의 극한 - ② 급수 ② 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. [기하와 벡터] - (다) 공간도형과 공간벡터 - ② 공간좌표 ② 좌표공간에서 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학II] - (다) 수열 - 1) 등차수열과 등비수열 수학2313-2. 등비수열의 첫째항부터 제 n 항까지의 합을 구할 수 있다. [미적분I] - (가) 수열의 극한 - 2) 급수 미적1122. 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. [기하와 벡터] - (다) 공간도형과 공간벡터 - 2) 공간좌표

		기백1321/1322. 좌표공간에서 점의 좌표를 이해하고, 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
--	--	---

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학II	황선옥 외	좋은책 신사고	2016	109-114
	수학II	신항균 외	(주)지학사	2016	133-138
	미적분I	이강섭 외	미래엔	2016	36-40
	미적분I	우정호 외	동아출판	2016	39-42
	기하와 벡터	황선옥 외	좋은책 신사고	2016	126-129
	기하와 벡터	이강섭 외	미래엔	2016	148-154

5. 문항 해설

수열 및 기하와 벡터는 자연현상에서 발생하는 사건을 수학적으로 표현하는데 있어서 핵심적인 도구로, 자연 과학 뿐 아니라 여러 공학 분야 그리고 예술을 포함하는 다양한 분야에서 널리 활용된다. 본 문항의 핵심적인 내용은 「수학II」의 ‘수열’ 과 「미적분I」의 ‘수열의 극한’ 그리고 「기하와 벡터」의 ‘공간도형과 공간벡터’ 단원에서 다루어진다. 특히 등비수열과 등비급수 그리고 좌표공간의 두점 사이의 거리 부분이 이 문제에서 핵심적으로 다루어졌다. 본 문항을 통해 학생들이 등비수열의 일반항을 유도할 수 있는지, 대응하는 등비급수의 합을 구할 수 있는지, 마지막으로 기하적인 대상에 수열의 개념을 적용할 수 있는지를 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 2-i	수열의 첫째항과 공비를 구할 수 있다.	3
	수열의 일반항을 구할 수 있다.	2
문제 2-ii	한없이 가까워지는 점의 각 좌표를 구할 수 있다.	8
	두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.	2

7. 예시 답안

[문제 2-i] 등비수열 $\{a_n\}$ 의 첫째항이 a , 공비가 r 이라고 하면, $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = \frac{a}{1-r}$ 와 $\sum_{n=2}^{\infty} a_n = \frac{ar}{1-r}$ 을 얻게 되므로, 문제의 조건은 $\frac{a}{1-r} = 2 = \frac{2ar}{1-r}$ 이 된다. 즉, 수열 $\{a_n\}$ 은 첫째항이 $a=1$ 이고 공비가 $r=\frac{1}{2}$ 인 등비수열이므로, 일반항은 $a_n = \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$ 이다.

[문제 2-ii] 각 단계별로 축 방향으로 이동하는 양은 $(-1)^{n-1}a_n = \left(-\frac{1}{2}\right)^{n-1}$ 이다.

$n=3k+1$ 일 때 x 축 방향으로, $n=3k+2$ 일 때 y 축 방향으로, $n=3k+3$ 일 때 z 축 방향으로 이동한다. 점 P가 다가가는 점을 Q(a, b, c)라고 할 때,

$$a = \sum_{k=0}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{3k} = \frac{8}{9}, \quad b = \sum_{k=0}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{3k+1} = -\frac{4}{9}, \quad c = \sum_{k=0}^{\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^{3k+2} = \frac{2}{9}$$

을 얻게 된다. 따라서 선분 OQ의 길이는 $\frac{\sqrt{8^2 + (-4)^2 + 2^2}}{9} = \frac{2\sqrt{21}}{9}$ 이다.

③ 문제3

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제3- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 기하와 벡터, 미적분 II
	핵심개념 및 용어	타원, 쌍곡선, 미분, 최댓값
답안 작성 시간	12.5분 / 전체 50분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하십시오.

가. 양의 실수 b 에 대하여, 타원 E 를 다음과 같이 정의한다.

$$E: \frac{x^2}{b} + by^2 = 1 \quad (\text{단, } b > 1)$$

나. <제시문 가>에서 주어진 b 에 대하여 쌍곡선 H 를 다음과 같이 정의한다.

$$H: bx^2 - by^2 = 1$$

다. 타원 E 와 쌍곡선 H 의 교점을 꼭짓점으로 하는 사각형의 넓이를 S 라 한다.

[문제 3-i] [7점] S 를 b 에 관한 식으로 나타내고 그 이유를 논하십시오.

[문제 3-ii] [8점] S 의 최댓값을 구하고, 그 이유를 논하십시오.

3. 출제 의도

본 문제는 타원과 쌍곡선의 교점을 구하고 이로부터 만들어진 사각형의 넓이의 최댓값을 함수의 미분법을 이용하여 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

[문제 3-i] 타원과 쌍곡선의 개념을 이해하고, 연립이차방정식을 이용하여 곡선의 교점을 구할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[문제 3-ii] 미분을 이용하여 함수의 개형을 이해하고 최댓값을 구할 수 있는지 평가하고자 한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 가	교육과정	[기하와 벡터] - (가) 평면곡선- ㉠ 이차곡선 ② 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[기하와 벡터]- 가. 평면곡선 1) 이차곡선 기백1112. 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. 3.쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
제시문 나	교육과정	[기하와 벡터] - (가) 평면곡선 - ㉠ 이차곡선 ③ 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[기하와 벡터] - 가. 평면곡선- 1) 이차곡선 기백1113. 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
제시문 다	교육과정	[기하와 벡터] - (가) 평면곡선-㉠ 이차곡선 ② 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. [기하와 벡터] - (가) 평면곡선-㉠ 이차곡선 ③ 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[기하와 벡터] - 가. 평면곡선 1) 이차곡선 기백 1112 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. [기하와 벡터] - 가. 평면곡선 1) 이차곡선 기백1113 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
문제3-i	교육과정	[수학 I] - (나) 방정식과 부등식- ㉢ 여러 가지 방정식 ② 미지수가 3개인 연립일차방정식과 미지수가 2개인 연립이차방정 식을 풀 수 있다. [기하와 벡터] - (가) 평면곡선 - ㉠ 이차곡선 ② 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. [기하와 벡터] - (가) 평면곡선 - ㉠ 이차곡선 ③ 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학 I] - 나. 방정식과 부등식- 3) 여러 가지 방정식 수학1232-2. 미지수가 2개인 연립이차방정식을 풀 수 있다. [기하와 벡터]- 가. 평면곡선 1) 이차곡선 기백1112. 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다. [기하와 벡터]- 가. 평면곡선 1) 이차곡선 기백1113. 쌍곡선의 뜻을 알고, 쌍곡선의 방정식을 구할 수 있다.
문제3-ii	교육과정	[미적분학 II] - (다) 미분법- ㉠ 여러 가지 미분법 ① 함수의 몫을 미분할 수 있다. [미적분학 II] - (다) 미분법- ㉡ 도함수의 활용 ② 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분 II] - 다. 미분법 - 1) 여러 가지 미분법 미적2311. 함수의 몫을 미분할 수 있다. [미적분 II] - 다. 미분법- 2) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	기하와 벡터	이강섭 외 14인	미래엔	2016	17-36
	기하와 벡터	우정호 외 24인	동아출판	2016	18-37
	미적분 II	신항균 외 12인	지학사	2016	108-111, 130-137
	미적분 II	김원경 외	비상교육	2016	97-100, 115-122
	수학 I	신항균	지학사	2016	104-109

5. 문항 해설

이차곡선에 대한 이해, 미분을 통한 함수의 개형 파악 및 최대, 최소 도출 등은 이과학문의 전반에 걸쳐 중요하게 사용되는 개념이다. 이 문제의 핵심내용들은 수학 I ‘방정식과 부등식’ 기하와 벡터 ‘평면곡선’, 미적분 II ‘미분법’에 근거하고 있다. 본 문항들을 통하여 연립 이차방정식을 통하여 이차곡선의 교점을 구할 수 있는지, 미분을 이용하여 함수의 개형을 이해하고 함수의 최대를 구할 수 있는지 그리고 이러한 풀이과정을 논리적으로 전개할 수 있는지를 평가한다..

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 3-i	타원과 쌍곡선의 교점을 찾을 수 있다.	4
	사각형의 넓이를 b 에 관한 식으로 표현할 수 있다..	3
문제 3-ii	S 의 미분을 구할 수 있다.	4
	함수의 증감을 이용하여 최댓값을 정확히 찾을 수 있다.	4

7. 예시 답안

[문제 3-i] 두 식을 더하면 $\left(b + \frac{1}{b}\right)x^2 = 2$ 따라서 $x^2 = \frac{2}{b + \frac{1}{b}} = \frac{2b}{b^2 + 1}$

이를 다시 타원의 식에 넣고 정리하면 $y^2 = \frac{b^2 - 1}{b(b^2 + 1)}$

따라서 교점으로 이루어진 사각형의 밑변의 길이와 높이는 각각 $2\sqrt{\frac{2b}{b^2 + 1}}$ $2\sqrt{\frac{b^2 - 1}{b(b^2 + 1)}}$ 으로 주어지고 사각

형의 넓이는 $S = 4\sqrt{\frac{2(b^2 - 1)}{(b^2 + 1)^2}}$, $b > 1$ 가 된다.

[문제 3-ii] 다음 함수의 최대 최소를 고려하면 충분하다.

$$g(x) = \frac{b^2 - 1}{(b^2 + 1)^2}, \quad b > 1$$

$$g \text{의 미분을 계산하면, } g'(b) = \frac{2b(b^2+1)(-b^2+3)}{(b^2+1)^4} \\ = -\frac{2b(b-\sqrt{3})(b+\sqrt{3})}{(b^2+1)^3}$$

따라서 $g'(b)=0$ 이 되는 b 중 $b>1$ 를 만족하는 경우는 $b=\sqrt{3}$ 뿐이다.

증감을 조사하면

x	1		$\sqrt{3}$	
$g'(x)$		+	0	-
$g(x)$	0	\nearrow		\searrow

이고 $b=\sqrt{3}$ 에서 함수 $g(b)$ 가 최대값을 가짐을 알 수 있다. 따라서 넓이가 최대가 되는 b 는 $b=\sqrt{3}$ 이고, 그때 넓이의 최댓값은 $S=2$ 이다.

④ 문제4

1. 일반정보

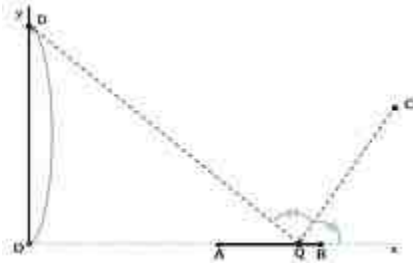
유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제4- i , ii	
출제범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분학 II
	핵심개념 및 용어	삼각함수의 덧셈 공식, 최대 최소.
답안 작성 시간	ex. 12.5분 / 전체 50분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. O 를 원점으로 하는 좌표평면 위에 세 점 $A\left(\frac{6}{5}, 0\right)$, $B\left(2 - \frac{1}{\sqrt{3}}, 0\right)$, $C(2, 1)$ 이 주어져 있다.

나. 선분 AB 위의 놓여있는 임의의 점 Q 에 대하여 y 축 위의 한 점 D 를 $\angle CQB = \angle DQC$ 가 되도록 잡는다.



다. 두 각 α, β 에 대하여 다음과 같은 덧셈정리가 성립한다.

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan\alpha + \tan\beta}{1 - \tan\alpha \tan\beta}$$

[문제 4-i] [8점] 점 Q 의 좌표를 $(t, 0)$ 라 할 때 선분 OD 의 길이를 t 에 관한 함수로 표현하고 그 이유를 논하시오.

[문제 4-ii] [7점] 선분 OD 의 길이가 최소가 되는 점 Q 의 좌표를 찾고, 그 이유를 논하시오.

3. 출제 의도

평면상의 점들의 위치 관계로부터 방정식을 도출하고 그러한 함수의 최솟값을 도출할 수 있는지를 평가하는 문제이다.

[문제 4-i] 문제의 기하학 조건들을 이용하여 방정식을 도출할 수 있는지를 평가하는 문제이다.
 [문제 4-ii] 미분법을 이용하여 함수의 최솟값을 구할 수 있는지 평가하는 문제이다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

문항 및 제시문		관련 성취기준
제시문 가	교육과정	[수학 I] - (ㄹ) 도형의 방정식- ① 평면좌표 ① 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다. [미적분 II] - (ㄹ) 삼각함수- ① 삼각함수의 뜻과 그래프 ③ 삼각함수를 활용하여 간단한 문제를 해결할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학 I] - 다. 도형의 방정식- 1) 평면좌표 수학1311. 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다. [미적분 II] - 나. 삼각함수 - 1) 삼각함수의 뜻과 그래프 미적2213. 삼각함수를 활용하여 간단한 문제를 해결할 수 있다.
제시문 나	교육과정	[수학 I] - (ㄹ) 도형의 방정식- ① 평면좌표 ① 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
	성취기준·성취수준	[수학 I] - 다. 도형의 방정식- 1) 평면좌표 수학1311. 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
제시문 다	교육과정	[미적분 II] - (나) 삼각함수 ② 삼각함수의 미분 ① 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.
	성취기준·성취수준	[미적분 II] - 나. 삼각함수 - 1) 삼각함수의 미분 미적2221-2 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.
문제4- i	교육과정	[미적분 II] - (ㄹ) 삼각함수- ① 삼각함수의 뜻과 그래프 ③ 삼각함수를 활용하여 간단한 문제를 해결할 수 있다. [미적분 II] - (나) 삼각함수 - ② 삼각함수의 미분 ① 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.
	성취기준·성취수준	[미적분 II] - 나. 삼각함수 - 1) 삼각함수의 뜻과 그래프 미적2213. 삼각함수를 활용하여 간단한 문제를 해결할 수 있다. [미적분 II] - 나. 삼각함수 - 1) 삼각함수의 미분 미적2221-2 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.
문제4- ii	교육과정	[미적분 II] - (ㄹ) 미분법 - ① 여러 가지 미분법 ① 함수의 몫을 미분할 수 있다. [미적분 II] - (ㄹ) 미분법 - ② 도함수의 활용 ② 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.
	성취기준·성취수준	[미적분 II] - 다. 미분법 - 1) 여러 가지 미분법 미적2311. 함수의 몫을 미분할 수 있다. [미적분 II] - 다. 미분법- 2) 도함수의 활용 미적2322. 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분 II	김원경 외 11명	비상교육	2016	60-70, 75-81, 97-100, 115-122
	미적분 II	황선옥 외 10명	좋은책 신사고	2016	68-70, 75-79, 96-100, 116-121
	수학 I	신항균 외 11명	지학사	2016	133-135

5. 문항 해설

평면상의 각점의 위치관계를 기하학적으로 파악하고 이와 관련된 문제를 수학적으로 해결하는 것은 이과 관련 공부를 해나감에 있어 필수적인 능력이라 할 수 있다. 본 문항의 내용은 미적분 II의 ‘미분법’과 ‘삼각함수’ 그리고 수학 I의 ‘평면도형’ 단원에 근거를 두고 있다. 학생들이 제시문을 읽고 각 점들의 위치 관계를 파악하여 적절한 관계식을 유도할 수 있는지, 이러한 함수의 증감을 조사하여 최솟값을 구할 수 있는지, 그리고 이를 풀이과정에서 논리적으로 전개할 수 있는지를 평가한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-i	각 CQB와 t를 이용하여 선분 OD의 길이를 표현 할 수 있다.	4
	삼각형 CQB를 이용하여 OD의 길이를 t만의 함수로 표현할 수 있다.	4
문제 4-ii	함수의 몫의 미분을 할 수 있다.	4
	함수의 증감을 이용하여 OD의 길이가 최소가 되는 Q의 좌표를 찾을 수 있다.	3

7. 예시 답안

[문제 4-i] <제시문 가>에 의해

$$\frac{6}{5} \leq t \leq 2 - \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (1) \text{이다.}$$

각 $\angle CQB$ 를 a 라 하면 <제시문 나>에 의해 $\angle DQO = \pi - 2a$ 가 된다.

따라서 삼각형 DQO 로부터 $\overline{OD} = t \tan(\pi - 2a) = -t \tan 2a$ 을 얻는다.

<제시문 다>를 적용하면,

$$\overline{OD} = -t \frac{2 \tan a}{1 - \tan^2 a} \quad (2) \text{이다.}$$

그런데 삼각형 CQB 로부터 $\tan a = \frac{1}{2-t}$ 가 성립하므로 이를 (2)에 대입하면

$$\overline{OD} = -t \frac{\frac{2}{2-t}}{1 - \frac{1}{(2-t)^2}} = \frac{2t(t-2)}{t^2 - 4t + 3}$$

[문제 4-ii] $g(t)$ 를 $g(t) = \frac{2t(t-2)}{t^2 - 4t + 3}$ 라 두고 미분하면

$$g'(t) = -\frac{4(t^2 - 3t + 3)}{(t^2 - 4t + 3)^2} = -\frac{4\left\{\left(t - \frac{3}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}\right\}}{(t^2 - 4t + 3)^2} < 0$$

따라서 $g(t)$ 는 감소함수가 되고 주어진 영역 (1)을 고려하면 $t = 2 - \frac{1}{\sqrt{3}}$ 에서 최솟값을 가지게 된다.

이때 Q 의 위치는 $\left(2 - \frac{1}{\sqrt{3}}, 0\right)$ 이다.

(2) 물리

① 문제1


1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(물리)	
문항번호	문제1- 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
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 1] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

등가속도 직선 운동의 처음 속도를 v_0 , 가속도를 a 라고 하면 시간 t 일 때의 속도 v 와 변위 s 는 다음과 같
이 주어진다. 이 경우 $t=0$ 일 때 변위는 0이다.

$$v = v_0 + at, \quad s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$


[문제 1-i] [8점] 위 그림과 같이 포탄이 수평면과 θ 의 각도로 처음 속력 v_0 로 발사되었을 때 포탄이 다시
지면에 떨어지는 지점까지의 수평 도달 거리 R 과 걸리는 시간 t_R 을 구하시오. (단, 연직 아래 방향의 중력
가속도 g 는 일정하고, 공기 저항은 무시한다.)

[문제 1-ii] [7점] 포탄이 60° 의 각도로 발사된 후 시간 t 가 지나서 동일한 지점에서 두 번째 포탄이 다른
각도로 발사되었다. 첫 번째 포탄과 두 번째 포탄이 동시에 같은 위치에 떨어졌다. 두 번째 포탄의 발사 각
도와 두 포탄의 발사 시간 차이 t 를 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, 두 포탄의 처음 속력은 100 m/s 로 동
일하고, 중력 가속도 g 는 10 m/s^2 이다.)

3. 출제 의도

포물선 운동에 대한 이해와 이를 실제문제에 적용할 수 있는 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”	
제시문	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.
	교육과정 해설서	포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다.
문제1-i	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.
	교육과정 해설서	포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다.
문제1-ii	교육과정 문서	(1) 운동과 에너지 (80쪽) (가) 힘과 운동 ③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.
	교육과정 해설서	포물선 운동을 등속 수평운동과 등가속 수직운동의 합성으로 설명할 수 있다는 것을 보인다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 II	김영민 외	교학사	2016	30~32
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2016	30~32

5. 문항 해설

문제 1은 물체에 힘이 작용할 때 운동변화를 기술한 내용으로 고등학교 교육과정인 “힘과 운동” 단원에 포함되어 있다. 첫 번째 문항은 제시문의 내용을 적용하여 수평 방향의 등속운동과 수직 방향의 등가속도 운동을 합성한 포물선 운동을 분석하는 문항이다. 두 번째 문항은 첫 번째 문항의 결과를 응용하여 포물선 운동과 관련된 실제 문제를 해결하도록 요구하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
문제 1-i	$x = v_0 \cos(\theta)t$ $v_x = v_0 \cos(\theta)$ $y = v_0 \sin(\theta)t - \frac{1}{2}gt^2$ $v_y = v_0 \sin(\theta) - gt$	(i) 힘이 작용하지 않는 x 방향의 등속운동에 대한 변위와 속도를 정확히 제시 (+2점) (ii) 중력이 작용하는 y 방향의 등가속도 운동의 변위와 속도를 정확히 제시(+2점)	4점
	$t_R = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$	포탄이 다시 떨어지는 시간인 t_R 의 정확한 제시 (+2점)	2점
	$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$	수평 도달 거리 R 의 정확한 제시 (+2점)	2점
문제 1-ii	$R_1 = R_2$ $t_{R1} = t_{R2} + t$	두 포탄이 동시에 같은 지점에 떨어지기 위한 조건의 정확한 제시 (+3점)	3점
	두 번째 포탄의 발사각: 30°	$R_1 = R_2$ 의 조건을 사용하여 두 번째 포탄의 발사 각도의 정확한 제시 (+2점)	2점
	포탄 발사시간 차이: $10(\sqrt{3}-1)$ 초	$t_{R1} = t_{R2} + t$ 의 조건을 사용하여 두 포탄의 발사시간 차이 t 의 정확한 제시 (+2점)	2점

7. 예시 답안

[문제 1-i]

지면 방향의 좌표를 x , 연직 방향의 좌표를 y 라고 놓고 포탄의 발사지점은 원점이라고 놓는다. x 방향으로는 힘이 작용하지 않아 등속운동을 하게 되고 y 방향으로는 연직 아래방향 ($-y$)으로 중력 가속도 g 가 작용하여 등가속도 운동을 하게 된다. <제시문>의 식을 사용하여 포탄의 각 방향으로의 변위(x, y)와 속도(v_x, v_y)를 시간(t)의 함수로 표시하면 다음과 같다. 포탄의 처음 속도는 x 방향으로 $v_0 \cos(\theta)$, y 방향으로 $v_0 \sin(\theta)$ 가 된다. v_0 는 포탄의 발사 속도이다.

$$x\text{방향: } x = v_0 \cos(\theta)t, \quad v_x = v_0 \cos(\theta)$$

$$y\text{방향: } y = v_0 \sin(\theta)t - \frac{1}{2}gt^2, \quad v_y = v_0 \sin(\theta) - gt$$

포탄이 다시 지면에 떨어지는 데 걸리는 시간 (t_R)은 $y=0$ 의 조건으로부터 구할 수 있다.

$$y = v_0 \sin(\theta)t - \frac{1}{2}gt_R^2 = 0 \rightarrow t_R = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$$

수평도달거리 R 은 시간 t_R 에 x 방향의 속도를 곱하여 구할 수 있다.

$$R = v_0 \cos(\theta) \times t_R = \frac{2v_0^2 \sin(\theta) \cos(\theta)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

[문제 1-ii] 문제 [1-i]의 결과를 사용하면 첫 번째 포탄의 수평 도달거리(R_1)과 시간(t_{R1})은 다음과 같이 주어진다.

$$R_1 = \frac{v_0^2 \sin(120^\circ)}{g}, \quad t_{R1} = \frac{2v_0 \sin(60^\circ)}{g}$$

시간 t 후에 발사된 두 번째 포탄의 수평 도달거리(R_2)와 시간(t_{R2})은 같은 식에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$R_2 = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}, \quad t_{R2} = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g} \quad (\theta: \text{두 번째 포탄의 발사각도})$$

두 포탄이 동시에 같은 지점에 떨어지므로 다음의 관계식을 만족해야 한다.

$$R_1 = R_2, \quad t_{R1} = t_{R2} + t$$

첫 번째 관계식으로부터 $\theta = 30^\circ$ 가 된다. 이 결과를 두 번째 관계식에 적용하면 발사시간의 차이 t 는 다음과 같이 주어진다.

$$t = t_{R1} - t_{R2} = \frac{2v_0}{g} [\sin(60^\circ) - \sin(30^\circ)] = \frac{2 \times 100}{10} \left[\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right] = 10[\sqrt{3} - 1] \approx 7.32 \text{ 초}$$

② 문제2

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(물리)	
문항번호	문제2- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리 (물리 I , 물리 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 I
	핵심개념 및 용어	이상적인 유체, 유체의 흐름, 연속 방정식, 베르누이 법칙
답안 작성 시간	12.5분	

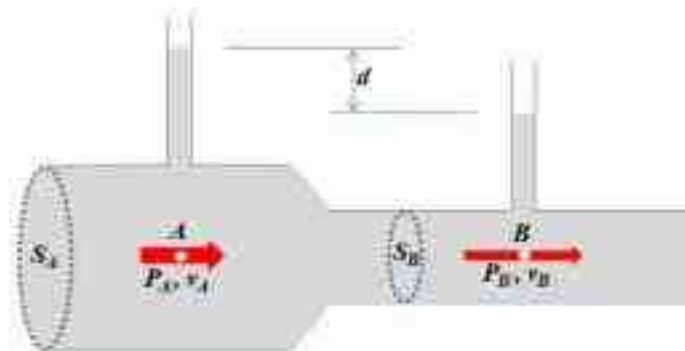
2. 문항 및 제시문

[문제 2] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하십시오.

가. 이상적인 유체는 비압축성, 비점성을 가지며, 밀도가 균일하고 마찰에 의한 에너지 손실이 없다.

나. 베르누이 법칙은 이상적인 유체의 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여, 유체의 밀도, 속도, 압력, 그리고 높이에 따른 관계를 정리한 식이다.

유체의 속력을 측정하기 위하여, 아래 그림과 같이 단면적이 S_A 에서 S_B 로 변하는 관 위에 작은 구멍이 뚫린 2개의 기둥을 연결한 장치를 고안하였다. 관 안의 위치 A 와 B 에서의 유체의 압력과 속력은 각각 P_A , v_A 와 P_B , v_B 이며, 관에 연결된 2개의 작은 기둥에서의 유체의 높이차는 d 이다. (단, 유체는 이상적인 유체이며, 대기압은 일정하다.)



[문제 2-i] [4점] 유체의 높이차 d 를 P_A , P_B , ρ , g 를 이용해서 나타내고, 그 근거를 제시하시오. (단, ρ 와 g 는 각각 유체의 밀도와 중력 가속도를 나타낸다.)

[문제 2-ii] [8점] A 에서의 유체 속력 v_A 를 S_A , S_B , d , g 를 이용하여 표시하고, 그 이유를 논하시오.

[문제 2-iii] [3점] 단면적 크기의 비 $\frac{S_A}{S_B}$ 가 2일 때와 3일 때, A 에서의 유체 속력 v_A 를 각각 $v_A(2)$ 와 $v_A(3)$ 이라고 한다면, 유체 속력 v_A 의 비 $\frac{v_A(2)}{v_A(3)}$ 를 구하고, 그 근거를 제시하시오.

3. 출제 의도

유체의 운동에 있어, 연속 방정식과 베르누이 법칙의 원리를 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”	
제시문 가	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (나) 힘과 에너지의 이용 ④ 베르누이 법칙을 이용하여 양력과 마그누스 힘을 이해하고, 항공기와 구기 운동에 대한 이용을 안다.
	교육과정 해설서	베르누이 법칙을 정량적으로 알게 하고 이를 적용하여 항공기의 날개에 양력이 발생하고 구기 운동에서 공의 진로가 휘는 마그누스 힘을 이해할 수 있게 한다. 실생활에서 베르누이 원리를 이용하는 사례에 대해 소개한다.
제시문 나	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (나) 힘과 에너지의 이용 ④ 베르누이 법칙을 이용하여 양력과 마그누스 힘을 이해하고, 항공기와 구기 운동에 대한 이용을 안다.
	교육과정 해설서	베르누이 법칙을 정량적으로 알게 하고 이를 적용하여 항공기의 날개에 양력이 발생하고 구기 운동에서 공의 진로가 휘는 마그누스 힘을 이해할 수 있게 한다. 실생활에서 베르누이 원리를 이용하는 사례에 대해 소개한다.

문제 2-i	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (나) 힘과 에너지의 이용 ④ 베르누이 법칙을 이용하여 양력과 마그누스 힘을 이해하고, 항공기와 구기 운동에 대한 이용을 안다.
	교육과정 해설서	베르누이 법칙을 정량적으로 알게 하고 이를 적용하여 항공기의 날개에 양력이 발생하고 구기 운동에서 공의 진로가 휘는 마그누스 힘을 이해할 수 있게 한다. 실생활에서 베르누이 원리를 이용하는 사례에 대해 소개한다.
문제 2-ii	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (나) 힘과 에너지의 이용 ④ 베르누이 법칙을 이용하여 양력과 마그누스 힘을 이해하고, 항공기와 구기 운동에 대한 이용을 안다.
	교육과정 해설서	베르누이 법칙을 정량적으로 알게 하고 이를 적용하여 항공기의 날개에 양력이 발생하고 구기 운동에서 공의 진로가 휘는 마그누스 힘을 이해할 수 있게 한다. 실생활에서 베르누이 원리를 이용하는 사례에 대해 소개한다.
문제 2-iii	교육과정 문서	(4) 에너지 (75쪽) (나) 힘과 에너지의 이용 ④ 베르누이 법칙을 이용하여 양력과 마그누스 힘을 이해하고, 항공기와 구기 운동에 대한 이용을 안다.
	교육과정 해설서	베르누이 법칙을 정량적으로 알게 하고 이를 적용하여 항공기의 날개에 양력이 발생하고 구기 운동에서 공의 진로가 휘는 마그누스 힘을 이해할 수 있게 한다. 실생활에서 베르누이 원리를 이용하는 사례에 대해 소개한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	김영민 외	교학사	2016	329-333
	물리 I	곽성일 외	천재교육	2016	286-290

5. 문항 해설

물리 2번 문제는 물리 I “에너지” 단원, 힘과 에너지의 이용에서 유체 흐름의 운동 방정식인 베르누이 법칙에 관하여 출제 하였다. 이상적인 유체, 유체의 흐름, 연속 방정식, 베르누이 법칙 등 유체역학의 핵심적인 개념을, 유체의 속력을 측정하기 위하여 고안된 장치를 사용하여 단계적으로 답안을 찾아 나가게 하였다. 다양한 물리현상을 주어진 물리 법칙(역학적 에너지 보존 법칙)에 근거하여 사고하고 이해할 수 있는지 묻고자 하였다. 특히, 구체적이고 현실적인 물리현상에서 문제를 구성함으로써, 고교 교과과정에서 배운 물리 지식의 원리에 대한 이해와 논리적인 사고를 배가시키고자 문항을 구성하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
문제 2-i	$d = \frac{P_A - P_B}{\rho g}$	(i) 주어진 유체의 높이차와 관 내에서의 압력의 상관관계 이해 및 이를 이용한 상관관계식의 올바른 적용 (+2점) (ii) 정확한 정답 제시 (+2점)	4점
문제 2-ii	$\rho g d + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = \frac{1}{2} \rho v_B^2$ 와 $S_A v_A = S_B v_B$	베르누이 방정식, 연속 방정식의 정확한 이해 및 올바른 수식 적용 (+5점)	5점
	$v_A = \sqrt{\frac{2gd}{\frac{S_A^2}{S_B^2} - 1}}$	정확한 정답 제시 (+3점)	3점
문제 2-iii	$\frac{v_A(2)}{v_A(3)} = \sqrt{\frac{8}{3}}$ $= \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} (\approx 1.6)$	정확한 정답 제시 (+3점)	3점

7. 예시 답안

[문제 2-i] 베르누이 법칙은 유체의 역학적 에너지 보존법칙을 정리한 식으로 다음과 같다.

$P_A + \rho g h_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \rho g h_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$. 여기서 단면적이 다른 두 관의 지표면을 기준으로 한 중심축의 높이는 같으므로 ($h_A = h_B$), 베르누이 방정식은 간단히 $P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$ 이 된다. 관의 단면적(S_A)이 큰 곳 A에서는 유속 v_A 이 작아 유압 P_A 이 크므로 작은 기둥속의 유체의 높이가 높아지고, 단면적(S_B)이 작은 곳 B에서는 유속 v_B 이 커 유압 P_B 가 작으므로 기둥속의 유체의 높이가 낮아진다.

따라서 유체가 흐르는 관에 연결된 작은 두 기둥에서의 유체의 높이차 d 에 의한 압력 차는 두 지점에서의 압력 차와 같으므로 $P_A - P_B = \rho g d$ 이다. 유체의 높이차 d 를 P_A , P_B , ρ , g 를 이용해서 나타내면,

$$d = \frac{P_A - P_B}{\rho g} \text{가 된다.}$$

(참고: 대기압이 일정함으로, $(P_A - P_{\text{대기압}}) - (P_B - P_{\text{대기압}}) = P_A - P_B = \rho g d$ 이 되어 같은 결과를 얻는다)

[문제 2-ii] 베르누이 방정식 $P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2$ 에서 $P_A - P_B = \rho g d$ 이므로, $\rho g d + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = \frac{1}{2} \rho v_B^2$ 이 된다. 그리고 단면적이 큰 관과 작은 관을 통과하는 유체의 양은 같으므로, $S_A v_A = S_B v_B$ (연속 방정식)이 된다.

이를 이용하면, 유속 $v_B = \frac{S_A v_A}{S_B}$ 이다. 대입하면 $\rho g d + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = \frac{1}{2} \rho v_B^2 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{S_A v_A}{S_B} \right)^2$ 이 되며, 이를 정리하면

$$\rho g d = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{S_A v_A}{S_B} \right)^2 - \frac{1}{2} \rho v_A^2 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{S_A^2}{S_B^2} - 1 \right) v_A^2 \text{이 된다. 따라서 큰 관 A에서의 유속 } v_A \text{을 } S_A, S_B, d, g \text{를 이용}$$

하여 표시하면, $v_A = \sqrt{\frac{2gd}{\frac{S_A^2}{S_B^2} - 1}}$ 이 된다.

[문제 2-iii] 유속 v_A 의 비 $\frac{v_A(2)}{v_A(3)} = \sqrt{\frac{9-1}{4-1}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (≈ 1.6) 이다.

③ 문제3

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(물리)	
문항번호	문제3- i , ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리 (물리 I , 물리 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 II
	핵심개념 및 용어	점전하, 전하량, 전기력, 전기적 퍼텐셜(위치) 에너지
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

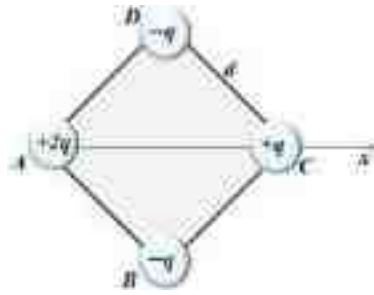
[문제 3] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 서로 같은 종류의 전하로 대전된 물체 사이에는 척력이 작용하고, 서로 다른 종류의 전하로 대전된 물체 사이에는 인력이 작용한다.

나. 전하량이 각각 q , Q 이고, 두 점전하 사이의 거리가 r 일 때, 이들 사이에 작용하는 전기력 F 는 $k\frac{qQ}{r^2}$ 이며, 이를 쿨롱 법칙이라고 한다. (단, k 는 비례상수이다.)

다. 전하량 Q 인 점전하에서 거리 r 만큼 떨어진 지점에서 점전하 q 의 전기적 퍼텐셜 에너지 U 는 $k\frac{qQ}{r}$ 이며, 점전하 q 가 위치한 곳에서 전하 당 전기적 퍼텐셜 에너지 V 는 $\frac{U}{q} = k\frac{Q}{r}$ 로 나타내며, 이를 전위라고 한다.

아래 그림과 같이 각각의 전하량이 주어진 4개의 점전하(A, B, C, D)가 정사각형 모양으로 배열되어 있다. 점전하 A 와 C 는 x 축 상에 놓여 있으며, 주어진 정사각형의 각 변의 길이는 d 이다.



- [문제 3-i] [8점] 점전하 C 가 나머지 세 점전하로부터 받는 전기력의 크기와 방향에 대해 논하시오. (단, 모든 점전하는 고정되어 있다고 가정한다.)
- [문제 3-ii] [7점] 점전하 C 를 배열에서 완전히 떼어내는 데 필요한 일을 구하고, 그 근거를 제시하시오. (단, 점전하 A, B, D 는 점전하 C 가 움직이는 동안에도 고정되어 있다고 가정한다.)

3. 출제 의도

임의의 점전하 배열에 따른, 쿨롱의 법칙과 전기적 퍼텐셜(위치) 에너지의 원리에 대한 이해력을 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”	
제시문 가	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (가) 전하와 자기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.
	교육과정 해설서	두 전하 사이의 전기력을 쿨롱 법칙에 의해 정량적으로 이해하게 한다. 쿨롱의 법칙으로부터 전기장을 정의하고 전기력선과 등전위면의 개념을 도입하여 이와 관련된 주요 현상을 관찰하게 한다. 또한 점전하가 만드는 전기장에서 두 지점 사이의 전위차를 정량적으로 알게 한다. 이때 전기에너지와 전기적 위치에너지, 그리고 전위와의 관계를 이해하게 하며, 양전하와 음전하로 이루어진 전기쌍극자의 의미를 알게 한다.
제시문 나	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (가) 전하와 자기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.
	교육과정 해설서	두 전하 사이의 전기력을 쿨롱 법칙에 의해 정량적으로 이해하게 한다. 쿨롱의 법칙으로부터 전기장을 정의하고 전기력선과 등전위면의 개념을 도입하여 이와 관련된 주요 현상을 관찰하게 한다. 또한 점전하가 만드는 전기장에서 두 지점 사이의 전위차를 정량적으로 알게 한다. 이때 전

		기에너지와 전기적 위치에너지, 그리고 전위와의 관계를 이해하게 하며, 양전하와 음전하로 이루어진 전기쌍극자의 의미를 알게 한다.
제시문 다	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (가) 전하와 자기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.
	교육과정 해설서	두 전하 사이의 전기력을 쿨롱 법칙에 의해 정량적으로 이해하게 한다. 쿨롱의 법칙으로부터 전기장을 정의하고 전기력선과 등전위면의 개념을 도입하여 이와 관련된 주요 현상을 관찰하게 한다. 또한 점전하가 만드는 전기장에서 두 지점 사이의 전위차를 정량적으로 알게 한다. 이때 전기에너지와 전기적 위치에너지, 그리고 전위와의 관계를 이해하게 하며, 양전하와 음전하로 이루어진 전기쌍극자의 의미를 알게 한다.
문제 3-i	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (가) 전하와 자기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.
	교육과정 해설서	두 전하 사이의 전기력을 쿨롱 법칙에 의해 정량적으로 이해하게 한다. 쿨롱의 법칙으로부터 전기장을 정의하고 전기력선과 등전위면의 개념을 도입하여 이와 관련된 주요 현상을 관찰하게 한다. 또한 점전하가 만드는 전기장에서 두 지점 사이의 전위차를 정량적으로 알게 한다. 이때 전기에너지와 전기적 위치에너지, 그리고 전위와의 관계를 이해하게 하며, 양전하와 음전하로 이루어진 전기쌍극자의 의미를 알게 한다.
문제 3-ii	교육과정 문서	(2) 전기와 자기 (81쪽) (가) 전하와 자기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.
	교육과정 해설서	두 전하 사이의 전기력을 쿨롱 법칙에 의해 정량적으로 이해하게 한다. 쿨롱의 법칙으로부터 전기장을 정의하고 전기력선과 등전위면의 개념을 도입하여 이와 관련된 주요 현상을 관찰하게 한다. 또한 점전하가 만드는 전기장에서 두 지점 사이의 전위차를 정량적으로 알게 한다. 이때 전기에너지와 전기적 위치에너지, 그리고 전위와의 관계를 이해하게 하며, 양전하와 음전하로 이루어진 전기쌍극자의 의미를 알게 한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 II	김영민 외	교학사	2016	122-129
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2016	105-110

5. 문항 해설

물리 3번 문제는 물리 II “전기와 자기” 단원, 전하와 전기장에서 전기력과 전기 퍼텐셜(위치) 에너지에 관하여 출제 하였다. 점전하, 전하량, 전기력, 전기적 퍼텐셜(위치) 에너지 등 전자기학에서 기본적이고 사용되는 개념을, 임의의 점전하들의 배열을 통하여 단계적으로, 벡터 물리량인 전기력과 스칼라 양인 전기 퍼텐셜(위치) 에너지의 개념을 이해하고, 답안을 찾아 나가게 하였다. 전자기 현상을 주어진 물리 법칙에 근거하여 이해할 수 있는지를 측정하고자 하였다. 따라서 본 문제는 고교 교과과정에서 배운 물리학의 기본개념과 문항에 제시된 제시문을 활용하여 물리법칙을 이해하는지와 논리적 추론이 가능한지를 평가하고자 하는 문항이라 할 수 있다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
문제 3-i	전기력의 크기: $F_{A+B+D} = 0.4 \cdot k \frac{q^2}{d^2}$	(i) 점전하 C가 나머지 세 점전하로부터 받는 전기력의 벡터합을 올바르게 적용 (+4점) (ii) 정확한 정답 제시 (+2점)	6점
	전기력의 방향: -x 방향 또는 점전하 A가 있는 방향	벡터의 올바른 적용 (+2점)	2점
문제 3-ii	$W = \Delta U$ $= U_{\infty} - U_{\text{배열 상태}}$	(i) 주어진 점전하가 ‘무한 원점에 있을 때’와 ‘배열에 결합되어 있을 때’의 전기적 퍼텐셜(위치)에너지를 이해 (+2점) (ii) 수식의 올바른 적용 (+3점)	5점
	$W = (2 - \sqrt{2}) \cdot k \frac{q^2}{d}$ $= 0.6 \cdot k \frac{q^2}{d}$	정확한 정답 제시 (+2점)	2점

7. 예시 답안

[문제 3-i] 점전하 C가 나머지 세 점전하로부터 받는 힘은 전기력의 벡터합으로 구할 수 있다.

두 음의 점전하 B와 D가 양의 점전하 C에 작용하는 전기력의 크기는 $F_B = F_D = k \frac{q^2}{d^2}$ 이며, 인력이 작용한다. 또한 양의 점전하 A가 양의 점전하 C에 작용하는 전기력의 크기는 $F_A = k \frac{2q^2}{(\sqrt{2}d)^2}$ 이며, 척력이 작용한다. F_B 와 F_D 의 합력의 크기는 $F_{B+D} = \sqrt{2} \cdot k \frac{q^2}{d^2}$ 이며 -x축 방향으로 작용한다.

그러므로 점전하 C가 나머지 세 점전하로부터 받는 전기력의 벡터합은

$\overrightarrow{F_{A+B+D}} = \left[k \frac{2q^2}{(\sqrt{2}d)^2} - \sqrt{2} \cdot k \frac{q^2}{d^2} \right] (+\hat{x}) = \left[(1 - \sqrt{2}) \cdot k \frac{q^2}{d^2} \right] (+\hat{x}) = -0.4 \cdot k \frac{q^2}{d^2} (+\hat{x})$ 이다. (여기서 \hat{x} 는 x성분의 단위 벡터를 나타낸다.) 따라서, 점전하 C가 나머지 세 점전하로부터 받는 전기력의 크기는

$F_{A+B+D} = 0.4 \cdot k \frac{q^2}{d^2}$ 이며, $-x$ 방향 (점전하 A 가 있는 방향)으로 향한다.

[문제 3-ii] 점전하 C 를 배열에서 떼어내는 데 필요한 일(W)은 점전하 C 를 무한 원점에 있을 때와 배열에 결합되어 있을 때의 전기적 퍼텐셜(위치) 에너지의 차로 구할 수 있다. 따라서,

$$\begin{aligned} W = \Delta U &= U_{\infty}(\text{나중}) - U_{\text{배열 상태}}(\text{처음}) \\ &= 0 - \left[k \frac{q \cdot (-q)}{d} + k \frac{q \cdot (-q)}{d} + k \frac{q \cdot (2q)}{\sqrt{2}d} \right] \\ &= (2 - \sqrt{2}) \cdot k \frac{q^2}{d} \\ &= 0.6 \cdot k \frac{q^2}{d} \end{aligned}$$

만큼의 에너지가 필요하다.

④ 문제4

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(물리)	
문항번호	문제4- i ,ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	물리(물리 I , 물리 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	물리 II
	핵심개념 및 용어	물질파, 정상파, 광전효과, 일함수
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 운동량이 p 인 입자의 드브로이 파장 $\lambda = \frac{h}{p}$ 가 된다. (h : 플랑크 상수)

나. 진행파와 반사파가 중첩되어 위치에 따라 일정한 진폭을 가지고 진동하는 파동을 정상파라고 한다.

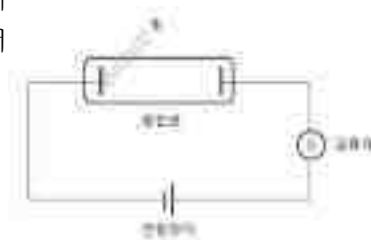
다. 전자가 높은 에너지 E_n 상태에서 낮은 에너지 E_m 상태로 이동할 때 빛을 방출한다. 이때 방출한 빛의 에너지 E 와 진동수 f 는 다음과 같다

$$E_n - E_m = E = hf$$

라. 금속 표면에서 전자를 방출시키는 데 필요한 최소의 에너지를 일함수라고 한다.

[문제 4-i] [10점] 길이 L 인 1차원 상자 안에서 질량 m 인 전자가 움직이고 있으며 상자 내부의 퍼텐셜 에너지는 0이다. 전자는 상자 외부에서 존재할 수 없기 때문에 상자 외부의 퍼텐셜 에너지는 무한대로 높을 수 있다. 상자 내부에서 전자의 물질파는 정상파인 상태만 존재한다. 정상파 조건을 사용하여 양자수 n 인 상태에 있는 전자의 에너지를 구하시오. ($n = 1, 2, 3, \dots$)

[문제 4-ii] [5점] [문제 4-i]에서 제시한 1차원 상자 안에서 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전자가 이동할 때 방출되는 빛이 다음과 같이 광전관의 금속판에 입사되었다. 일함수가 2.3 eV인 금속판을 사용했을 때는 전류가 흐르지 않았지만, 1.8 eV인 금속판으로 교체했을 때 전류가 흐르는 것이 측정되었다. 이때 전자의 높은 에너지 준위와 낮은 에너지 준위의 값을 각각 구하고, 그 근거를 논하시오. 1차원 상자의 가장 낮은 에너지 준위는 0.4 eV로 측정되었다.



3. 출제 의도

1차원 상자 안에 있는 입자의 파동성과 광전효과에서의 빛의 입자성을 이해하고 이를 적용할 수 있는 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”	
제시문 가	교육과정 문서	(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽) (가) 물질의 이중성 ④ 전자의 속도에 따른 물질과의 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. 이 관계를 적용하여 전자의 파동성을 이용한 전자현미경 등의 원리에 대해 알게 한다.
제시문 나	교육과정 문서	(3) 파동과 빛 (82쪽) (가) 파동의 발생과 전달 ③ 정상파와 공명, 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해한다.
	교육과정 해설서	다양한 사례를 통하여 정상파가 일어나는 과정을 알게 하고, 공명현상을 이해하게 한다. 파동속도가 달라지는 현상을 이용하여 경계면에 대한 파동의 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해하게 하고 실생활 주변의 여러 현상을 설명할 수 있게 한다.
제시문 다	교육과정 문서	(4) 미시세계와 양자현상 (나) 양자물리 (83쪽) ② 슈뢰딩거 방정식을 알고, 그 해인 파동함수와 에너지 준위의 의미를 정성적으로 이해한다.
	교육과정 해설서	슈뢰딩거 방정식이 뉴턴의 운동방정식, 맥스웰의 파동방정식과 어떤 차이가 있는지를 정성적으로 설명하고, 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 알게하고, 이를 통하여 도체와 반도체와 같은 물질의 성질을 설명할 수 있다는 사실을 알게 한다.
제시문 라	교육과정 문서	(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽) (가) 물질의 이중성 ② 광전효과와 컴프턴 산란을 통하여 빛의 입자성을 이해한다.
	교육과정 해설서	광전효과의 실험 결과를 정량적으로 알게 하고, 이를 통하여 빛이 광자이론으로 설명될 수 있음을 이해하게 한다. 광전효과를 응용한 실제 장치들의 작동원리를 알게하고, 컴프턴 산란 실험의 의미에 대해서 정성적으로 이해하게

		한다.
문 제 4-i	교육과정 문서	<p>(3) 파동과 빛 (82쪽)</p> <p>(가) 파동의 발생과 전달</p> <p>③ 정상파와 공명, 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해한다.</p> <p>(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽)</p> <p>(가) 물질의 이중성</p> <p>④ 전자의 속도에 따른 물질파의 파장을 구하고, 전자현미경의 분해성능을 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>입자의 운동량과 파장의 관계식을 정량적으로 적용할 수 있게 하고, 이 때 빛의 입자성과 전자의 파동성의 대칭성을 이해하게 한다. 이 관계를 적용하여 전자의 파동성을 이용한 전자현미경 등의 원리에 대해 알게 한다.</p> <p>다양한 사례를 통하여 정상파가 일어나는 과정을 알게 하고, 공명현상을 이해하게 한다. 파동속도가 달라지는 현상을 이용하여 경계면에 대한 파동의 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해하게 하고 실생활 주변의 여러 현상을 설명할 수 있게 한다.</p>
문 제 4-ii	교육과정 문서	<p>(4) 미시세계와 양자현상 (83쪽)</p> <p>(가) 물질의 이중성</p> <p>② 광전효과와 컴프턴 산란을 통하여 빛의 입자성을 이해한다.</p> <p>(나) 양자물리</p> <p>② 슈뢰딩거 방정식을 알고, 그 해인 파동함수와 에너지 준위의 의미를 정성적으로 이해한다.</p>
	교육과정 해설서	<p>슈뢰딩거 방정식이 뉴턴의 운동방정식, 맥스웰의 파동방정식과 어떤 차이가 있는지를 정성적으로 설명하고, 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.</p> <p>광전효과의 실험 결과를 정량적으로 알게 하고, 이를 통하여 빛이 광자이론으로 설명될 수 있음을 이해하게 한다. 광전효과를 응용한 실제 장치들의 작동원리를 알게 하고, 컴프턴 산란 실험의 의미에 대해서 정성적으로 이해하게 한다.</p>

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 II	김영민 외	교학사	2016	192~195, 281~285 294~295, 311~314
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2016	196~199, 262~266 272~273, 294~295

5. 문항 해설

문제 4는 물리 교육과정의 한 단원에 국한된 것이 아니라 여러 단원을 융합하여 출제하였다. “드브로이의 물질파 이론”, “정상파와 공명”, “슈뢰딩거 방정식” 및 “광전효과와 광자이론” 단원을 종합적으로 이해하고 연계하도록 하였다. 첫 번째 문항은 1차원 상자 안에 갇힌 전자의 물질파가 정상파일 때 전자의 에너지 준위를 묻는 문항이며 일반적인 정상파의 개념을 입자의 물질파에 적용하는 것을 요구하고 있다. 두 번째 문항은 첫 번째 문항에서 구한 전자의 에너지 준위가 변할 때 방출되는 빛을 광전관에 입사시켰을 때 일함수로부터 에너지 준위를 구하는 문항이다. 고교 교육과정의 범위에서 입자의 파동성과 빛의 입자성을 종합적으로 이해하고 이를 적용하도록 문제를 출제하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준		배점
문제4-i	$n(\frac{\lambda}{2}) = L$	1차원 상자 내에서 물질파 파장에 대한 정상파 조건의 정확한 제시 (+6점)	6점
	$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2L}$	드브로이 파에서의 파장과 운동량의 관계의 올바른 적용 (+2점)	2점
	$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$	상자 내부에서 전자에너지가 운동에너지만으로 구성되어 있고 이를 이용한 정확한 식의 제시 (+2점)	2점
문제4-ii	$\frac{h^2}{8mL^2} = 0.4 \text{ eV}$ $E_n = 0.4n^2 \text{ eV}$	가장 낮은 에너지 준위 값을 이용하여 에너지 준위를 양자수 n의 식으로 제시 (+2점)	2점
	높은 에너지 준위: 3.6 eV 낮은 에너지 준위: 1.6 eV	광전관에서 금속판의 일함수에 따라 전류가 흐르는 조건을 적용하여 높은 에너지 준위와 낮은 에너지 준위의 값을 정확히 제시 (+3점)	3점

7. 예시 답안

[문제 4-i]

전자의 물질파가 정상파의 모양을 가지므로 1차원 상자 안에서 정상파가 형성되는 조건은 다음과 같이 기술할 수 있다.

$$n(\frac{\lambda}{2}) = L \quad (n = 1, 2, 3, \dots, \quad \lambda: \text{물질파 파장})$$

한편, 입자의 운동량은 제시문 <가>의 식을 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2L} \quad (h: \text{플랑크 상수})$$

전자는 1차원 상자 내부에서 퍼텐셜 에너지가 0이므로 운동에너지만을 가지게 된다. 따라서 전자의 에너지 E 는 다음과 같다.

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2 h^2}{8mL^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots, \quad m: \text{전자질량})$$

[문제 4-ii]

1차원 상자 안에 있는 전자의 가장 낮은 에너지는 양자수가 1일 때이므로 $h^2/8mL^2 = 0.4 \text{ eV}$ 이다.

높은 에너지 상태의 양자수를 n , 낮은 에너지 상태의 양자수를 m 이라 하면 방출되는 빛의 에너지 E 는 문제 [1-i]의 결과와 제시문 <다>를 사용하면 다음과 같이 주어진다.

$$E = E_n - E_m = \frac{h^2}{8mL^2}(n^2 - m^2) = 0.4(n^2 - m^2) \text{ eV}$$

방출된 빛이 광전관에 전류가 흐르게 하려면 빛의 에너지 E 가 금속판의 일함수보다 커야 한다. 일함수가 2.3 eV일 때는 전류가 흐르지 않고 1.8 eV일 때 전류가 흘렀기 때문에 E 는 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$1.8 \text{ eV} < E < 2.3 \text{ eV} \rightarrow 1.8 \text{ eV} < 0.4(n^2 - m^2) \text{ eV} < 2.3 \text{ eV}$$

이 조건을 만족하는 n, m 의 값은 각각 3, 2로 주어진다. 따라서 높은 에너지 준위의 값은 $0.4 \times 9 = 3.6 \text{ eV}$ 가 되고 낮은 에너지 준위의 값은 $0.4 \times 4 = 1.6 \text{ eV}$ 가 된다.

(3) 화학

① 문제1

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(화학)	
문항번호	문제1- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학(화학 I , 화학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	질소 산화물, 산화수, 루이스 전자점식, 수소결합
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

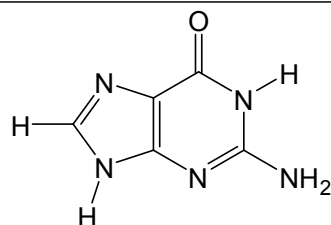
[문제 1] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 화학 반응은 반응물의 질량의 총합과 생성물의 질량의 총합이 같으므로 질량 보존 법칙이 성립한다.

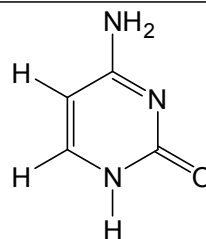
나. 화학 반응에서 전자를 잃는 것을 산화라고 하고 전자를 얻는 것을 환원이라고 한다. 전자를 잃는 산화 반응이 일어나기 위해서는 전자를 얻는 환원 반응이 필요하다. 이처럼 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 산화-환원 반응이라고 부른다. 여러 가지 산화-환원 반응을 모두 설명하기 위해서 산화수를 사용한다. 산화수는 어떤 물질 속에서 원소가 어느 정도로 산화되었는지를 나타내는 가상적인 전하량이다.

다. 원자 사이의 공유 결합을 쉽게 나타내기 위해 원소 기호 주위에 원자가 전자를 점으로 찍어 나타낸다. 이를 루이스 전자점식이라 한다. 공유 결합 분자를 간편하게 나타내기 위해서 공유 전자쌍은 결합선으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 1쌍의 점으로 나타내거나 생략하기도 하는데, 이것을 루이스 구조식이라고 한다.

라. 유전 정보가 들어 있는 DNA는 이중 나선 구조를 가진다. DNA가 이중 나선 구조를 이루는 데는 염기 사이의 수소 결합이 많은 영향을 준다. 이중 나선 구조에서 아데닌(A)은 티민(T)과 구아닌(G)은 사이토신(C)과 짝을 지어 수소 결합을 한다. 아래는 구아닌과 사이토신의 구조식이다.



구아닌(G)



사이토신(C)

[문제 1-i] [5점] <제시문 라>의 구아닌 3.02 g을 연소하여 생성된 기체 중 질소 산화물을 분리하였다. 분석한 결과, 이 질소 산화물은 NO와 NO₂의 개수비가 1 : 1인 혼합물이었다. 이 혼합물의 질량이 얼마인지 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, H, C, N, O의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16이다.)

[문제 1-ii] [5점] NO₂와 NO₃가 반응하면 N₂O₅가 만들어진다. 이 반응의 산화수 변화에 대해 논하고, 생성물 N₂O₅의 구조를 루이스 구조식으로 표현하시오.

[문제 1-iii] [5점] DNA의 이중 나선 구조에서 구아닌과 사이토신이 형성하는 수소 결합의 형태를 <제시문 라>의 구조식을 이용하여 그림으로 표현하시오.

3. 출제 의도

화학의 기초 지식인 몰 개념의 이해와 루이스 전자점식, 산화수 및 DNA에서의 구아닌과 사이토신의 수소결합에 대한 이해 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”	
제시문 가	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, 몰 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.

제시문 나	교육과정 문서	(4) 짧은 화학반응 (90쪽) (ㄹ) 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기 음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(4) 짧은 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 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. ③ 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다. 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.
제시문 다	교육과정 문서	(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽) (ㄹ) 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.
제시문 라	교육과정 문서	(4) 짧은 화학반응 (90쪽) (ㄹ) 확장된 옥텟 규칙으로 DNA에서 인산의 구조와 역할을 설명하고, A, T, G, C 염기의 수소 결합을 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	(4) 짧은 화학 반응 생명 현상이나 인류 문명의 발전과 관련된 주요한 화학 반응들을 예로 들어

		<p>화학 반응의 닮은 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>⑦ 확장된 옥텟 규칙으로 DNA에서 인산의 구조와 역할을 설명하고, A, T, G, C 염기의 수소결합을 설명할 수 있다.</p> <p>DNA에 포함된 인산은 옥텟 규칙에서 벗어난 구조를 하고 있음을 질산 등과 비교하여 설명한다. 인산에 포함된 3개의 -OH 중에서 2개는 위 아래로 염기들을 길게 연결해 주는 역할을 하여 유전 정보를 기록하는 것이 가능하다는 것을 설명한다. 인산에 포함된 나머지 하나의 -OH에서 수소가 이온화하기 때문에 DNA가 음전하를 띠게 되어 이중나선의 골격은 전기적 반발에 의해 바깥쪽을 향하고 물에 잘 녹는다는 것을 이해하게 한다. DNA의 구조에서 아데닌-티민, 구아닌-사이토신 사이의 수소 결합을 설명한다.</p>
문제1-i	교육과정 문서	<p>(1) 화학의 언어 (88쪽)</p> <p>㉠ 아보가드로 수와 몰의 의미를 이해한다.</p> <p>㉡ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.</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, 몰 등과 같은 기초 개념을 다룬다. 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고 화학 반응에서의 양적 관계를 이해하게 한다.</p> <p>④ 아보가드로수와 몰의 의미를 이해한다.</p> <p>원자량과 분자량을 설명하고, 화학 반응에서 물질의 양을 나타내는 단위로 몰 개념을 도입한다. 몰은 화학 전반에 걸쳐 빈번하게 활용되는 중요한 개념이므로 분자수, 부피, 질량 등 다양한 방법으로 설명한다.</p> <p>⑤ 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.</p> <p>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>
문제1-ii	교육과정 문서	<p>(4) 닮은꼴 화학반응 (90쪽)</p> <p>㉠ 이산화탄소, 물, 메탄, 암모니아에서 화학 결합을 하고 있는 원자들 사이의 전기 음성도 차이로부터 각 원소의 산화수를 설명할 수 있다.</p> <p>(3) 아름다운 분자 세계 (89쪽)</p> <p>㉠ 간단한 분자들의 루이스 구조를 통해 공유 결합의 성질과 쌍극자 모멘트와 관련된 결합의 극성을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정	<p>(4) 닮은꼴 화학 반응</p>

	해설서	<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 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. 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> <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. 화학결합을 통하여 다양한 구조를 형성하는 탄소 화합물의 특성과 구조를 다룬다.</p> <p>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.</p>
문제 1-iii	교육과정 문서	<p>(4) 닳은꼴 화학반응 (90쪽)</p> <p>(사) 확장된 옥텟 규칙으로 DNA에서 인산의 구조와 역할을 설명하고, A, T, G, C 염기의 수소 결합을 설명할 수 있다.</p>
	교육과정 해설서	<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 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>⑦ 확장된 옥텟 규칙으로 DNA에서 인산의 구조와 역할을 설명하고, A, T, G, C 염기의 수소결합을 설명할 수 있다.</p>

		DNA에 포함된 인산은 옥텟 규칙에서 벗어난 구조를 하고 있음을 질산 등과 비교하여 설명한다. 인산에 포함된 3개의 -OH 중에서 2개는 위 아래로 염기들을 길게 연결해 주는 역할을 하여 유전 정보를 기록하는 것이 가능하다는 것을 설명한다. 인산에 포함된 나머지 하나의 -OH에서 수소가 이온화하기 때문에 DNA가 음전하를 띠게 되어 이중나선의 골격은 전기적 반발에 의해 바깥쪽을 향하고 물에 잘 녹는다는 것을 이해하게 한다. DNA의 구조에서 아데닌-티민, 구아닌-사이토신 사이의 수소 결합을 설명한다.
--	--	--

나) 자료 출처

<제시문 가>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	42-47
	화학I	박종석외	교학사	2016	32-39
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	31-50
	화학I	노태희외	천재교육	2016	24-49

<제시문 나>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	191-202
	화학I	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	170-188
	화학I	노태희외	천재교육	2016	190-197

<제시문 다>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	141-144
	화학I	박종석외	교학사	2016	158-163
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	136-142
	화학I	노태희외	천재교육	2016	141-148

<제시문 라>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	228-229
	화학I	박종석외	교학사	2016	246-251
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	208-209
	화학I	노태희외	천재교육	2016	237-241

[문제 1-i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	42-47
	화학I	박종석외	교학사	2016	32-39
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	31-50
	화학I	노태희외	천재교육	2016	24-49

[문제 1-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일의	비상교육	2016	141-144, 191-202
	화학I	박종석외	교학사	2016	158-163, 206-217
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	136-142, 170-188
	화학I	노태희외	천재교육	2016	141-148, 190-197

[문제 1-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	228-229
	화학I	박종석외	교학사	2016	246-251
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	208-209
	화학I	노태희외	천재교육	2016	237-241

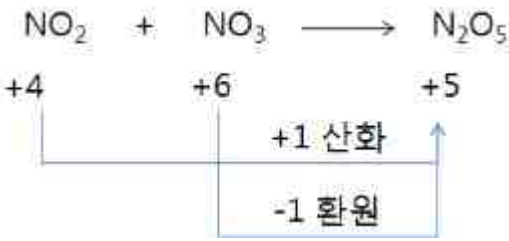
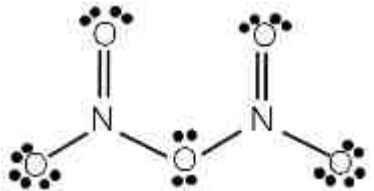
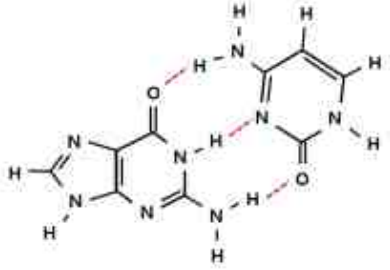
5. 문항 해설

[문제 1-i] 분자의 분자식을 이해하고, 이를 활용하여 질량과 분자량을 통한 몰 개념을 이해하고, 혼합물에 대한 질량을 유추할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 1-ii] 공유분자의 원소에 대한 산화수를 구할 수 있고, 이를 바탕으로 산화-환원 화학 반응식의 전자의 출입을 유추할 수 있는 능력과 루이스 전자점식을 활용한 분자 구조의 이해 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 1-iii] 분자의 구조에 따른 수소 결합의 형성에 대한 유추 및 유전자 내의 염기의 역할에 대한 기본 지식을 요구하는 문항이다.

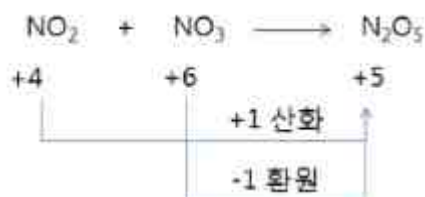
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제1-i	구아닌의 분자식 $C_5H_5N_5O$, 분자량은 151, 및 3.02 g 구아닌에는 N이 $5 \times (3.02/151) = 0.100$ mol을 구함.	2
	혼합물의 질량은 $30 \times 0.0500 + 46 \times 0.0500 = 3.80$ g을 구함.	3
문제1-ii	 <p>산화수 변화를 올바르게 논함.</p>	2
	 <p>루이스 전자점식을 올바르게 표현.</p>	3
문제1-iii	 <p>수소 결합 형태를 올바르게 표현.</p>	5

7. 예시 답안

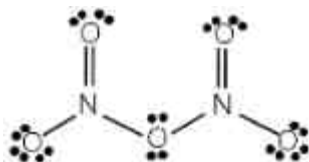
[문제1-i] 제시된 구아닌의 구조식으로부터 분자식은 $C_5H_5N_5O$ 으로 분자량은 151 이다. 3.02 g 구아닌에는 N이 $5 \times (3.02/151) = 0.100 \text{ mol}$ 이 있으며 이는 NO와 NO_2 로 바뀐다. NO와 NO_2 의 개수비가 1:1이므로 NO와 NO_2 는 각각 0.0500 mol 이다. NO와 NO_2 의 분자량은 각각 30과 46이다. 따라서 1:1 혼합물의 질량은 $30 \times 0.0500 + 46 \times 0.0500 = 3.80 \text{ g}$ 이다.

[문제1-ii] N_2O_5 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 $NO_2 + NO_3 \rightarrow N_2O_5$ 이다. 각각 원소의 산화수는 아래와 같다.

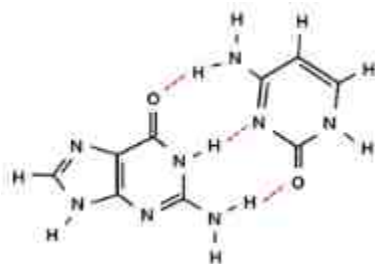


NO_2 의 N은 산화수가 +4이며 N_2O_5 의 N +5로 산화되며 NO_3 의 N의 산화수는 +6이며 N_2O_5 의 N의 +5로 환원된다.

N의 원자가 전자는 5개, O의 원자가 전자는 6개이다. 이를 기반으로 N_2O_5 의 루이스 전자점식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.



[문제1-iii] 구아닌과 사이토신 사이에는 아래의 그림과 같이 삼중 수소 결합을 가진다.



② 문제2

1. 일반정보

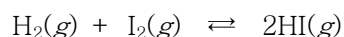
유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(화학)	
문항번호	문제2- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학(화학 I , 화학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	부분 압력, 평형 상수, 평형 이동, 반응 엔탈피
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 2] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

- 가. 두 종류 이상의 기체가 같은 용기 속에 혼합되어 있을 때, 각 성분 기체가 나타내는 압력을 각 성분 기체의 부분 압력이라고 한다.
- 나. 평형 상태에서 반응 조건의 변화가 없는 경우에는 계속 평형을 유지하지만 조건이 변하면 평형은 더 이상 유지되지 못하고, 정반응이나 역반응 쪽으로 반응이 어느 정도 진행된 후 새로운 평형에 이르게 된다. 이것을 평형 이동이라 한다.
- 다. 화학 반응이 일어날 때 엔탈피의 변화에 따라 출입한 열을 엔탈피 변화 또는 반응 엔탈피라고 부르며 기호로는 ΔH 로 표시한다. 반응 엔탈피는 생성 물질의 엔탈피와 반응 물질의 엔탈피의 차이에 해당한다. 화학 반응에서 출입하는 열에너지 변화, 즉 반응 엔탈피를 함께 나타낸 화학 반응식을 열화학 반응식이라 한다.
- 라. 화학 반응에서 처음 반응물의 종류와 상태, 나중 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 화학 반응이 일어나는 동안에 방출하거나 흡수한 열량의 총합은 언제나 일정하다. 이것을 총열량 불변 법칙이라고 한다.

[문제 2-i] [5점] 수소(H_2)와 아이오딘(I_2) 기체가 반응하면 아이오딘화 수소(HI)가 생성된다.

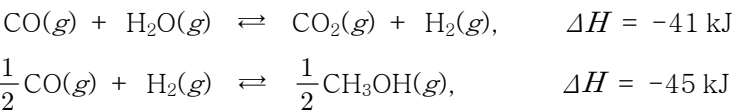


27℃에서 밀폐된 반응 용기에 부분 압력 1기압의 H_2 와 부분 압력 1기압의 I_2 기체를 넣었더니 반응이 일어나지 않았다. 온도를 327℃로 올렸더니, 반응이 일어나 시간이 지난 후 평형에 도달하였다. 327℃에서의 평형

상수가 1.0×10^2 이라 할 때, 처음 I_2 의 몇 %가 반응하였는지 구하고, 그 근거를 논하시오.

[문제 2-ii] [5점] 위 문제의 평형 상태에 HI 기체를 신속하게 주입하여 순간적으로 HI의 부분 압력이 6기압이 되었다. 시간이 지난 후 도달한 새로운 평형에서 I_2 의 부분 압력은 얼마인지 논하시오.

[문제 2-iii] [5점] 아래의 열화학 반응식과 같이 일산화 탄소와 수증기와의 반응을 통해서 이산화 탄소와 수소를 만들 수 있으며, 일산화 탄소와 수소와의 반응을 통해서 메탄올을 만들 수 있다. 각각의 엔탈피 변화는 아래와 같다.



한편, 메탄올은 이산화 탄소와 수소와의 반응을 통해서도 합성할 수 있다. 이 반응의 반응식을 쓰고 메탄올 생성시 수득률을 높이려면 온도와 압력은 어떻게 조절해야 되는지 논하시오.

3. 출제 의도

기체의 성질, 평형 상수의 이용과 평형 이동의 이해, 반응 엔탈피에 대한 이해 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문 가	교육과정 문서	(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽) (나) 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.
	교육과정 해설서	(1) 다양한 모습의 물질 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. (2) 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다. 기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도 간의 정량적인 관계를 파악하고, 서로 반응하지 않는 기체가 혼합되어 있을 때 각 기체의 분압을 이해하게 한다. 기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도의 관계를 나타내는 보일의 법칙과 샤를의 법칙으로부터 이상 기체 상태 방정식을 도출하고, 기체의 행동이 이상 상태 방정식에 따르는 까닭을 기체 분자 운동론을 도입하여 설명한다. 기체 분자 운동론은 몇 가지 가정에 근거를 두고 있으며, 기체의 움직임을 분자 운

		<p>동론으로 설명할 수 있다는 것을 알게 한다. 기체 분자 운동론과 관련된 복잡한 수식은 제시하지 않고 정성적인 수준에서만 다룬다.</p>
제시문 나	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97쪽)</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>(다) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>① 일정한 온도, 압력에서 화학 평형을 자유 에너지의 변화가 없는 상태로 설명할 수 있다. 화학 평형을 열역학적 개념인 자유에너지를 이용하여 설명한다. 일정한 온도, 압력에서 화학 평형은 자유에너지의 변화가 없는 상태이며, 이때 평형 상수 즉 ‘반응 물질의 농도곱과 생성 물질의 농도곱의 비’가 일정 온도에서 변하지 않는다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>② 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p> <p>가역 반응에서 동적 평형의 개념을 비유와 예시 등으로 설명한다. 자료 해석 등을 통하여 반응 물질과 생성 물질의 현재의 농도를 평형 상수 식에 대입하여 얻은 수치를 평형 상수와 비교하여 봄으로써 반응의 진행 방향을 예측할 수 있도록 한다.</p> <p>③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.</p> <p>농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동하는 현상을 관찰하고 르사틀리에의 원리를 도입하여 설명한다. 농도나 압력이 변할 경우 평형 상수 식에 농도나 압력을 대입하여 화학 평형이 이동하는 방향을 예측하기 쉽지만, 온도가 변할 때는 평형 이동의 방향이 흡열 반응과 발열 반응에 따라서 달라지므로 적절한 비유나 분자 운동 모형 등을 사용하여 설명하도록 한다.</p>
제시문 다	교육과정 문서	<p>(2) 물질 변화와 에너지 (97쪽)</p> <p>(가) 화학 반응을 통해 열이 발생하거나 흡수됨을 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</p>

		<p>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.</p> <p>화학 반응에서 열이 방출되거나 흡수되는 것을 이해하도록 한다. 발열 반응과 흡열 반응에서 반응 물질과 생성 물질의 에너지 차이를 반응열과 관련지어 설명하도록 한다.</p>
제시문 라	교육과정 문서	<p>(2) 물질 변화와 에너지 (97쪽)</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>② 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.</p> <p>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>
문제2-i	교육과정 문서	<p>(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽)</p> <p>(나) 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.</p> <p>(3) 화학 평형 (97쪽)</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>(다) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 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>② 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.</p>

		<p>기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도 간의 정량적인 관계를 파악하고, 서로 반응하지 않는 기체가 혼합되어 있을 때 각 기체의 분압을 이해하게 한다. 기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도의 관계를 나타내는 보일의 법칙과 샤를의 법칙으로부터 이상 기체 상태 방정식을 도출하고, 기체의 행동이 상태 방정식에 따르는 까닭을 기체 분자 운동론을 도입하여 설명한다. 기체 분자 운동론은 몇 가지 가정에 근거를 두고 있으며, 기체의 움직임을 분자 운동론으로 설명할 수 있다는 것을 알게 한다. 기체 분자 운동론과 관련된 복잡한 수식은 제시하지 않고 정성적인 수준에서만 다룬다.</p> <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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>화학 평형의 개념을 이용하여 산-염기 중화 반응에서의 평형, 화학 전지, 연료 전지, 기본해의 원리 등을 이해하게 한다. 또한 화학 전지에서 두 전극 사이의 전위차와 산화·환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다.</p> <p>① 일정한 온도, 압력에서 화학 평형을 자유 에너지의 변화가 없는 상태로 설명할 수 있다. 화학 평형을 열역학적 개념인 자유에너지를 이용하여 설명한다. 일정한 온도, 압력에서 화학 평형은 자유에너지의 변화가 없는 상태이며, 이때 평형 상수 즉 ‘반응 물질의 농도곱과 생성 물질의 농도곱의 비’가 일정 온도에서 변하지 않는다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>② 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p> <p>가역 반응에서 동적 평형의 개념을 비유와 예시 등으로 설명한다. 자료 해석 등을 통하여 반응 물질과 생성 물질의 현재의 농도를 평형 상수 식에 대입하여 얻은 수치를 평형 상수와 비교하여 봄으로써 반응의 진행 방향을 예측할 수 있도록 한다.</p> <p>③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.</p> <p>농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동하는 현상을 관찰하고 르사틀리에의 원리를 도입하여 설명한다. 농도나 압력이 변할 경우 평형 상수 식에 농도나 압력을 대입하여 화학 평형이 이동하는 방향을 예측하기 쉽지만, 온도가 변할 때는 평형 이동의 방향이 흡열 반응과 발열 반응에 따라서 달라지므로 적절한 비유나 분자 운동 모형 등을 사용하여 설명하도록 한다.</p>
문제2-ii	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97쪽)</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>(다) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>① 일정한 온도, 압력에서 화학 평형을 자유 에너지의 변화가 없는 상태로 설명할 수 있다. 화학 평형을 열역학적 개념인 자유에너지를 이용하여 설명한다. 일정한 온도, 압력에서 화학 평형은 자유에너지의 변화가 없는 상태이며, 이때 평형 상수 즉 ‘반응 물질의 농도곱과 생성 물질의 농도곱의 비’가 일정 온도에서 변하지 않는다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>② 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p> <p>가역 반응에서 동적 평형의 개념을 비유와 예시 등으로 설명한다. 자료 해석 등을 통하여 반응 물질과 생성 물질의 현재의 농도를 평형 상수 식에 대입하여 얻은 수치를 평형 상수와 비교하여 봄으로써 반응의 진행 방향을 예측할 수 있도록 한다.</p> <p>③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.</p> <p>농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동하는 현상을 관찰하고 르사틀리에의 원리를 도입하여 설명한다. 농도나 압력이 변할 경우 평형 상수 식에 농도나 압력을 대입하여 화학 평형이 이동하는 방향을 예측하기 쉽지만, 온도가 변할 때는 평형 이동의 방향이 흡열 반응과 발열 반응에 따라서 달라지므로 적절한 비유나 분자 운동 모형 등을 사용하여 설명하도록 한다.</p>
문제2-iii	교육과정 문서	<p>(2) 물질 변화와 에너지 (97쪽)</p> <p>(ㄴ) 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.</p> <p>(3) 화학 평형 (97쪽)</p> <p>(ㄱ) 일정한 온도, 압력에서 화학 평형을 자유 에너지의 변화가 없는 상태로 설명할 수 있다.</p> <p>(ㄴ) 가역 반응에서 동적 평형의 상태를 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.</p> <p>(ㄷ) 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다. 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</p>

		<p>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.</p> <p>화학 반응에서 열이 방출되거나 흡수되는 것을 이해하도록 한다. 발열 반응과 흡열 반응에서 반응 물질과 생성 물질의 에너지 차이를 반응열과 관련지어 설명하도록 한다.</p> <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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>③ 농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동함을 관찰하고 이를 설명할 수 있다.</p> <p>농도, 압력, 온도가 변함에 따라 화학 평형이 이동하는 현상을 관찰하고 르샤틀리에의 원리를 도입하여 설명한다. 농도나 압력이 변할 경우 평형 상수 식에 농도나 압력을 대입하여 화학 평형이 이동하는 방향을 예측하기 쉽지만, 온도가 변할 때는 평형 이동의 방향이 흡열 반응과 발열 반응에 따라서 달라지므로 적절한 비유나 분자 운동 모형 등을 사용하여 설명하도록 한다.</p>
--	--	--

나) 자료 출처

<제시문 가>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	18-29
	화학I	박종석외	교학사	2016	21-27
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	22-36
	화학I	노태희외	천재교육	2016	18-29

<제시문 나>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	126-141
	화학I	박종석외	교학사	2016	144-159
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	124-141
	화학I	노태희외	천재교육	2016	132-146

<제시문 다>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	82-92
	화학I	박종석외	교학사	2016	84-93
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	84-93
	화학I	노태희외	천재교육	2016	82-88

<제시문 라>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	93-95
	화학I	박종석외	교학사	2016	94-96
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	97-98
	화학I	노태희외	천재교육	2016	89-92

[문제 2-i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	18-29, 126-141
	화학I	박종석외	교학사	2016	21-27, 144-159
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	22-36, 124-141
	화학I	노태희외	천재교육	2016	18-29, 132-146

[문제 2-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	126-141
	화학I	박종석외	교학사	2016	144-159
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	124-141
	화학I	노태희외	천재교육	2016	132-146

[문제 2-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학I	류해일외	비상교육	2016	82-92, 93-95
	화학I	박종석외	교학사	2016	84-93, 94-96
	화학I	김희준외	상상아카데미	2016	84-93, 97-98
	화학I	노태희외	천재교육	2016	82-88, 89-92

5. 문항 해설

[문제 2-i] 기체의 성질과 부분 압력을 이해하고, 평형 상수를 이용한 평형 상태의 농도를 유추할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 2-ii] 평형 상태에 있는 화학 반응에 대해 농도가 변함에 따라 평형의 이동을 수식으로 유추할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 2-iii] 화학 반응에 대한 엔탈피의 변화를 유추하고, 엔탈피의 변화와 압력의 변화에 따른 평형 이동을 유추하는 능력을 요구하는 문항이다.

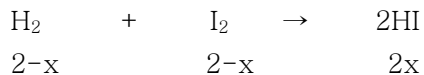
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제2-i	600K에서의 부분 압력 2기압을 구함.	2
	평형 상수를 이용 I_2 가 83% 만큼의 반응함을 구함.	3
문제2-ii	새로운 평형에 대한 수식 확립. $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ $\frac{1}{3} + \frac{x}{2} \quad \frac{1}{3} + \frac{x}{2} \quad 6-x$	2
	평형 상수를 이용, I_2 의 부분 압력은 $\frac{1}{3} + \frac{x}{2} = \frac{5}{9} = 0.56 \text{ atm}$ 을 구함.	3

2-iii	$\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g) + \text{H}_2\text{O}(g), \quad \Delta H = -49 \text{ kJ}$ 의 화학식 반응식과 엔탈피 변화를 구함.	2
	메탄올의 수득률을 높이기 위해서는 온도는 낮추고 압력을 높이는 방향으로 조절 논함.	3

7. 예시 답안

[문제2-i] 300K에서의 H₂와 I₂의 부분 압력은 각각 1 기압이며, 600K에서는 각각 부분 압력이 2기압이 된다. 반응은 정반응으로 진행되는데 이때, x 만큼 진행되면

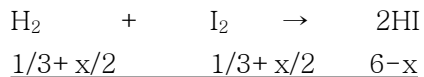


$$K = [(2x)^2 \cdot (RT)^2] / [(2-x)^2 \cdot (RT)^2] = (2x)^2 / (2-x)^2 = 1.0 \times 10^2$$

$$2x / (2-x) = 10, \quad 12x = 20, \quad x = 5/3 = 1.7 \text{ atm}$$

따라서 $[(5/3) \times 100] / 2 = 83\%$ 만큼의 I₂가 반응하였다.

[문제2-ii] 평형에서이 HI의 부분 압력은 $10/3 = 3.3$ 기압이며, I₂와 H₂의 부분 압력은 1/3이다. 순간적으로 HI를 첨가하여 부분 압력을 6기압으로 만들면 역반응으로 반응이 진행된다. x 만큼 반응이 진행되었다고 가정하면,

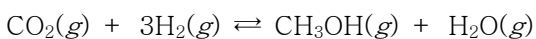


$$K = [(6-x)^2 \cdot (RT)^2] / [(1/3 + x/2)^2 \cdot (RT)^2] = (6-x)^2 / (1/3 + x/2)^2 = 1.0 \times 10^2$$

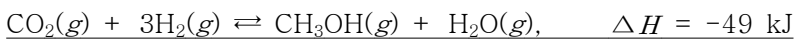
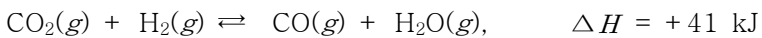
$$(6-x) / (1/3 + x/2) = 10, \quad 6x = 8/3, \quad x = 4/9 = 0.44 \text{ atm}$$

따라서 I₂의 부분 압력은 $1/3 + x/2 = 5/9 = 0.56 \text{ atm}$ 이다.

[문제2-iii] 이산화 탄소와 수소의 반응을 통한 메탄올의 합성은 다음과 같이 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.



이 반응의 엔탈피 변화를 계산하면



따라서 이산화 탄소와 수소의 반응을 통한 메탄올의 합성은 발열 반응이며, 분자의 개수가 줄어드는 반응이다. 따라서 메탄올의 수득률을 높이기 위해서는 온도는 낮추고 압력을 높이는 방향으로 조절하여야 한다.

③ 문제3

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(화학)	
문항번호	문제3- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학(화학 I , 화학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	표준 환원 전위, 전기 분해, 이상 기체 상태 방정식, 압력
답안 작성 시간	12.5분	

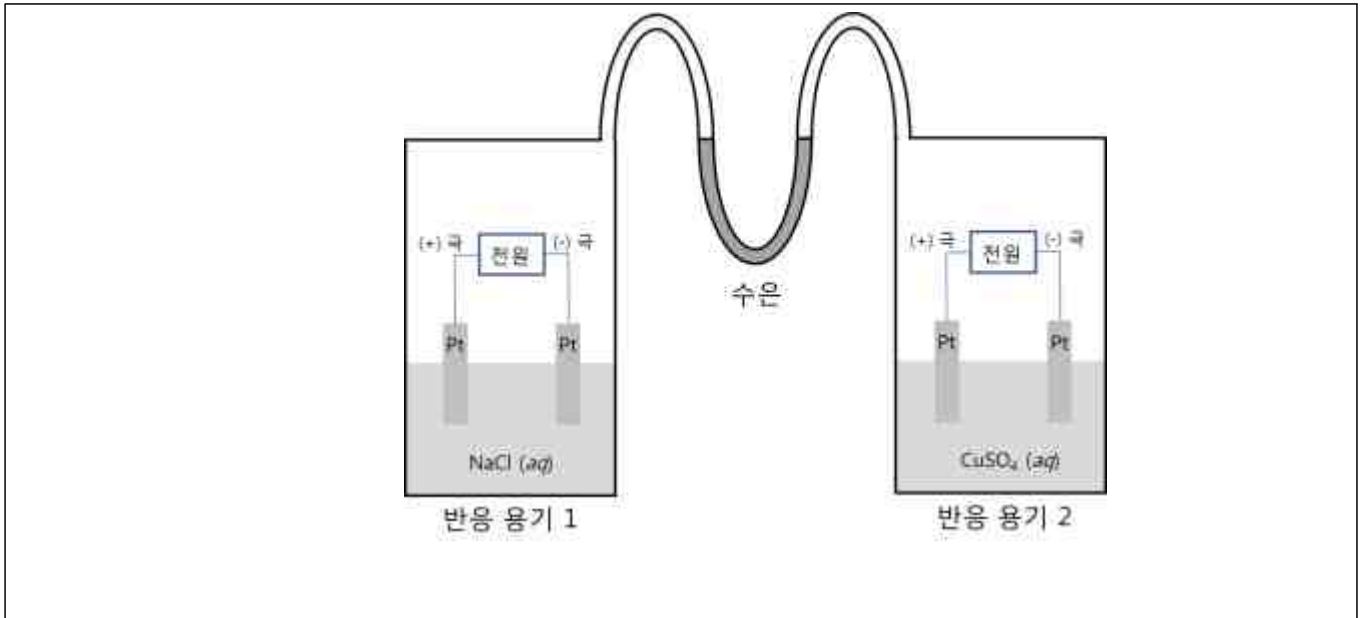
2. 문항 및 제시문

[문제 3] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 전극 전위는 반쪽 전지의 농도, 온도 등에 따라 달라지는데, 반쪽 전지의 이온 농도가 1 M, 기체는 1 기압, 온도는 25℃일 때 반쪽 전지의 반응을 환원 반응의 형태로 나타내어 환원되려는 경향의 크기를 나타낸 것을 표준 환원 전위(E°)라고 한다. 선택된 반응의 표준 환원 전위 값을 아래 표에 정리하였다.

환원 반쪽 반응	표준 환원 전위(V)
$\text{Na}^+(aq) + e^- \rightarrow \text{Na}(s)$	-2.71
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0.83
$\text{SO}_4^{2-}(aq) + 4\text{H}^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{SO}_2(g)$	+ 0.17
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s)$	+ 0.34
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+ 1.23
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(aq)$	+ 1.36

나. 성균이는 임의의 온도(T)에서 같은 부피(V)의 반응 용기 1과 2에서 각각의 서로 다른 전기 분해 반응 실험을 진행하였다. 반응 용기 1과 2는 중간에 U자 형태의 수은을 포함한 관을 통해 연결되어 있다. 성균이는 일정 시간이 지난 후, 각 반응 용기에 담긴 용액의 pH 변화와 수은 기둥의 높이 차이를 측정하였다.



[문제 3-i] [5점] 표준 상태에서 물을 전기 분해하기 위해 필요한 반응 전위 값을 구하고, 그 근거를 논하시오.

[문제 3-ii] [5점] <제시문 나>의 실험에서 반응이 진행됨에 따라 각 전해질 수용액의 pH 변화를 논리적으로 예측하시오.

[문제 3-iii] [5점] <제시문 나>의 실험에서 반응 용기 1과 반응 용기 2의 전원 장치에 a 몰의 전자를 흘려보냈을 때, 수은 기둥의 높이 차이의 원인이 되는 두 용기의 압력 차이(ΔP)를 반응 용기의 부피(V)와 온도(T)의 관계식으로 논하시오. (단, 연결관의 부피는 무시하시오. 발생한 기체는 서로 반응하지 않고, 수은과도 반응하지 않는다고 가정하시오.)

3. 출제 의도

표준 환원 전위 값을 이용하여, 반응 전위 값, 전기 분해 화합물을 예측할 수 있는지 평가하고자 하였다. 또한, 고등학교 과정에서 다루어지는 이상 기체 상태 방정식을 이용하여, 화학 반응식과 연계하여 사고할 수 있는지 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

적용 교육과정	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문 가	교육과정 문서	(3) 화학 평형 (98쪽) (a) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.

	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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>
제시문 나	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (98쪽)</p> <p>㉞ 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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>
문제3-i	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (98쪽)</p> <p>㉞ 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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p>

		<p>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>
문제3-ii	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (98쪽)</p> <p>㉞ 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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>
문제3-iii	교육과정 문서	<p>(1) 다양한 모습의 물질 (96쪽)</p> <p>㉞ 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.</p> <p>(3) 화학 평형 (98쪽)</p> <p>㉞ 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 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>② 기체의 온도, 압력, 부피 사이의 관계 및 기체 분압의 의미를 설명하고, 이상 기체 상태 방정식을 이해한다.</p>

	<p>기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도 간의 정량적인 관계를 파악하고, 서로 반응하지 않는 기체가 혼합되어 있을 때 각 기체의 분압을 이해하게 한다. 기체의 부피와 압력, 기체의 부피와 온도의 관계를 나타내는 보일의 법칙과 샤를의 법칙으로부터 이상 기체 상태 방정식을 도출하고, 기체의 행동이 상태 방정식에 따르는 까닭을 기체 분자 운동론을 도입하여 설명한다. 기체 분자 운동론은 몇 가지 가정에 근거를 두고 있으며, 기체의 움직임을 분자 운동론으로 설명할 수 있다는 것을 알게 한다. 기체 분자 운동론과 관련된 복잡한 수식은 제시하지 않고 정성적인 수준에서만 다룬다.</p> <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.</p> <p>화학 평형을 배움으로써 화학 반응의 방향을 예측하는데 유용하다는 것을 이해하도록 한다.</p> <p>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>
--	---

나) 자료 출처

<제시문 가>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	119-206
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	185-194
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	175-194

<제시문 나>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	119-206
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	185-194
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	175-194

[문제 3-i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	119-206
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	185-194
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	175-194

[문제 3-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	119-206
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	185-194
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	175-194
기타	EBS 교재	김수현외	EBS	2016	173

[문제 3-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	119-206
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	206-217
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	185-194
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	175-194

5. 문항 해설

[문제 3-i] 표준 환원 전위 값을 이용하여, 물의 전기 분해 반응인 산화/환원 반응을 기술할 수 있는지 평가한다. 정확한 물의 전기 분해 전체 반응을 제시하고, 반응 전위 값을 제시할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 3-ii] 전기 분해 반응을 주어진 표준 환원 전위 값을 이용하여 양 전극에서 발생하는 반응을 기술할 수 있는 능력과, 생성물에 따른 pH 변화를 판단 할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 3-iii] 전기 분해 반응에서 생성된 기체 화합물의 압력을 이상 기체 상태 방정식을 이용하여 제시할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

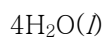
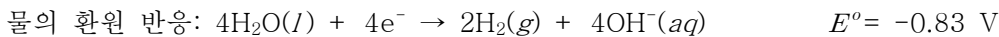
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 3-i	<p>물의 환원 반응: $4\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(aq)$, $E^\circ = -0.83 \text{ V}$</p> <p>물의 산화 반응: $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$, $-E^\circ = -1.23 \text{ V}$</p> <p>-----</p> <p>전체 반응: $6\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) + \underbrace{4\text{OH}^-(aq) + 4\text{H}^+(aq)}_{4\text{H}_2\text{O}(l)}$</p> <p>$2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$, $E^\circ = -2.06 \text{ V}$</p> <p>화학 반응식과 반응 전위 값을 올바르게 논함.</p> <p>과정이 명확하지 않고, 답만 맞으면 2점 감점함.</p>	5
문제 3-ii	<p>반응용기 1</p> <p>(+) 극에서의 반응: $2\text{Cl}^-(aq) \rightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$</p> <p>(-) 극에서의 반응: $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$</p>	2
	<p>반응용기 2</p> <p>(+) 극에서의 반응: $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$</p> <p>(-) 극에서의 반응: $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s)$</p>	2

	반응용기 1에서는 $\text{OH}^-(aq)$ 이 생성되므로 수용액의 pH는 커진다. 반응용기 2에서는 $\text{H}^+(aq)$ 이 생성되므로 수용액의 pH는 작아진다.	1
문제 3-iii	반응 용기 1 (+) 극에서의 반응: $a\text{Cl}^-(aq) \rightarrow \frac{a}{2}\text{Cl}_2(g) + ae^-$ (-) 극에서의 반응: $a\text{H}_2\text{O}(l) + ae^- \rightarrow \frac{a}{2}\text{H}_2(g) + a\text{OH}^-(aq)$	1
	반응 용기 2 (+) 극에서의 반응: $\frac{a}{2}\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \frac{a}{4}\text{O}_2(g) + a\text{H}^+(aq) + ae^-$ (-) 극에서의 반응: $\frac{a}{2}\text{Cu}^{2+}(aq) + ae^- \rightarrow \frac{a}{2}\text{Cu}(s)$	1
	수은 기둥의 높이 차이의 원인이 되는 두 용기의 압력 차이(ΔP)는 기체의 몰수 차이로 발생하는 압력의 차이이므로, $\Delta P = P_{\text{반응용기1}} - P_{\text{반응용기2}}$ $= \frac{aRT}{V} - \frac{aRT}{4V} = \frac{3aRT}{4V}$	3

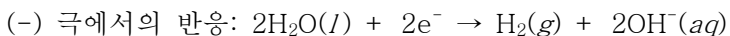
7. 예시 답안

[문제3-i]



[문제3-ii] 반응용기 1에서는 다음과 같은 반응이 발생한다.

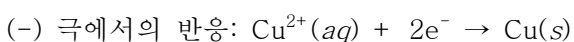
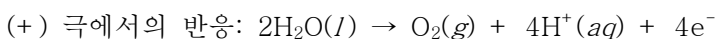
$\text{NaCl}(aq)$ 를 전기 분해하면 (+)극에서 Cl^- 가 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 생성된다. (-)극에서는 Na^+ 의 표준 환원 전위가 -2.71 V 로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 환원 전위 -0.83 V 보다 작다. 따라서 Na^+ 가 아니라 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 환원된다.



따라서, 반응이 진행됨에 따라 $\text{OH}^-(aq)$ 이 생성되므로 수용액의 pH는 커진다.

반응용기 2에서는 다음과 같은 반응이 발생한다.

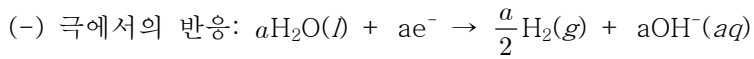
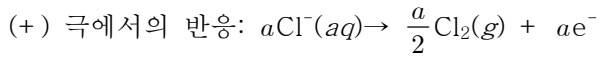
$\text{CuSO}_4(aq)$ 를 전기 분해하면 (+)극에서 SO_4^{2-} 가 산화되기 어려우므로 물이 대신 산화된다. (-)극에서는 Cu^{2+} 의 표준 환원 전위가 $+0.34 \text{ V}$ 로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 환원 전위 -0.83 V 보다 크다. 따라서 Cu^{2+} 가 환원된다.



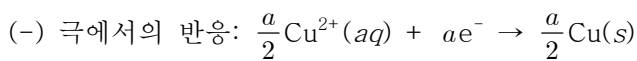
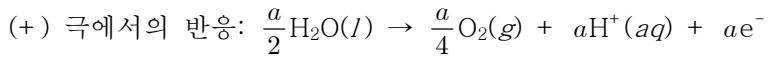
따라서, 반응이 진행됨에 따라 $\text{H}^+(aq)$ 이 생성되므로 수용액의 pH는 작아진다.

[문제3-iii] 반응기 1과 2에 a 몰의 전자가 흘렀기 때문에 반응 용기 1과 2에서 (+)와 (-)에서의 반응을 다시 정리하면

반응 용기 1



반응 용기 2



반응 용기 1에서 발생하는 기체는 $\text{Cl}_2(g)$ $\frac{a}{2}$ 몰, $\text{H}_2(g)$ $\frac{a}{2}$ 몰, 총 몰수는 a 이다. 반응 용기 2에서 발생하는 기체는 $\text{O}_2(g)$ $\frac{a}{4}$ 몰이다. 따라서, 반응 용기 1에서의 압력이 더 클 것이고, 수은 기둥은 반응 용기 2쪽으로 올라갈 것이다. 수은 기둥의 높이 차이의 원인이 되는 두 용기의 압력 차이(ΔP)는 기체의 몰수 차이로 발생하는 압력의 차이이므로,

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{\text{반응용기1}} - P_{\text{반응용기2}} \\ &= \frac{aRT}{V} - \frac{aRT}{4V} = \frac{3aRT}{4V} \end{aligned}$$

(반응용기 내, 용액과 전기화학 장비가 차지하는 부피를 고려하여 기술하여도 됨.)

④ 문제4

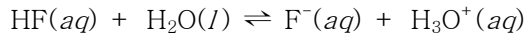
1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(화학)	
문항번호	문제4- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학(화학 I , 화학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	화학 II
	핵심개념 및 용어	평형 상수, 산의 이온화 상수, 공통 이온 효과, 완충 용액
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 플루오린화 수소산(HF)은 수용액에서 다음과 같이 평형 상태를 이루고 있다.



이 반응의 평형 상수(K)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

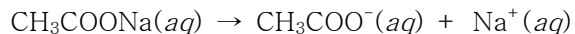
$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}][\text{H}_2\text{O}]}$$

약산의 묽은 수용액에서 물의 농도는 거의 변하지 않으므로, 물의 농도를 상수로 보아 $K[\text{H}_2\text{O}]$ 를 K_a 라고 하면, 위의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

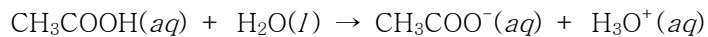
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$

여기서 K_a 를 산의 이온화 상수라고 한다.

나. 아세트산 나트륨은 수용액에서 완전히 이온화하여 아세트산 이온과 나트륨 이온을 생성한다.



그에 비하여 아세트산은 다음과 같이 이온화하는 약전해질이다.

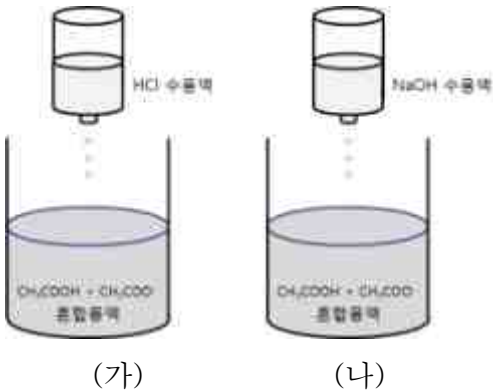


CH_3COONa 로부터 이온화된 CH_3COO^- 을 첨가하면 이 반응의 평형은 왼쪽으로 이동하여 H_3O^+ 의 농도는 감소하게 된다. 약산인 CH_3COOH 이 이온화된 수용액에 공통이온을 가지는 CH_3COO^- 을 가할 때 CH_3COOH 의 이온화는 감소한다. 이것을 공통 이온 효과라고 한다.

[문제 4-i] [5점] 농도가 1.0 M인 아세트산(CH_3COOH) 500 mL와 농도가 0.050 M인 아세트산 칼슘($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) 500 mL를 섞어 만든 용액의 pH를 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, 아세트산의 K_a 값은 1.0×10^{-5} 이다.)

[문제 4-ii] [5점] [문제 4-i]의 혼합 용액에 약간의 산이나 염기를 넣으면 pH 변화가 어떻게 되는지 화학 반응식을 이용하여 논하시오.

[문제 4-iii] [5점] [문제 4-i]의 혼합 용액을 500 mL씩 아래 그림처럼 (가), (나) 두 비커에 나누어 담았다. 여기에 같은 농도의 $\text{HCl}(\text{aq})$ 과 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 수용액을 같은 양으로 첨가하면서 pH의 변화를 관찰하였다. $\text{HCl}(\text{aq})$ 또는 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 수용액이 첨가되는 실험 초기에는 pH가 약간 변화하다가 어느 정도 부피에 다다르면 pH가 갑자기 크게 변하였다. 두 비커 중, 어느 비커의 pH가 먼저 크게 변하는지 예측하고, 그 근거를 논하시오.



3. 출제 의도

산의 이온화 상수와 공통 이온 효과를 이해하여, 완충 용액과 관련된 pH 변화에 대한 이해 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용	(고시번호) 1. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정” 2. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책9]에 따른 “고교 과학과 교육과정 해설서”	
제시문 가	교육과정 문서	(3) 화학 평형 (97쪽) (㉸) 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다.
	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 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

		<p>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. 브뢴스테드-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>
제시문 나	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97쪽)</p> <p>㉞ 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 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 산화환원 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. 브뢴스테드-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>
문제4-i	교육과정 문서	<p>(3) 화학 평형 (97쪽)</p> <p>㉞ 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 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 산화환원 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. 브뢴스테드-로우리의 산과 염기의 개념을 도입하고, 짝산-짝염기의 개념을 화학 평형과 관련지어 이해하도록 한다. 공통 이온 효과에 의하여 산-염기의 평형이 이동하는</p>

		현상을 설명하고, 산과 염기의 중화 반응에 의하여 생성된 염이 가수분해되어 수용액이 산성이나 염기성 또는 중성을 띠게 됨을 이해하도록 한다.
문제4-ii	교육과정 문서	(3) 화학 평형 (97쪽) (㉡) 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다.
	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 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 산화환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다. 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. 브뢴스테드-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.
문제4-iii	교육과정 문서	(3) 화학 평형 (97쪽) (㉡) 산-염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있고, 공통이온 효과, 염의 가수 분해에 의해 만들어진 용액의 특성을 설명할 수 있다.
	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 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 산화환원 반응에서 자유에너지의 관계를 설명한다. 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. 브뢴스테드-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.

나) 자료 출처

<제시문 가>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	163-187
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	178-197
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	165-183
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	159-173

<제시문 나>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	163-187
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	178-197
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	165-183
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	159-173

<문제 4-i>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	163-187
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	178-197
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	165-183
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	159-173

<문제 4-ii>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	163-187
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	178-197
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	165-183
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	159-173

<문제 4-iii>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학Ⅱ	류해일의	비상교육	2016	163-187
	화학Ⅱ	박종석외	교학사	2016	178-197
	화학Ⅱ	김희준외	상상아카데미	2016	165-183
	화학Ⅱ	노태희외	천재교육	2016	159-173

5. 문항 해설

[문제 4-i] 용액에 존재하는 이온과 화합물의 농도를 공통 이온 효과를 이해하여 올바르게 기술하고, 산의 이온화 상수의 정의를 이용하여 pH를 유추할 수 있는 능력을 요구하는 문항이다.

[문제 4-ii] 완충 용액의 원리를 이해하고 있는지 능력을 평가하는 문항이다.

[문제 4-iii] 완충 용액의 원리를 실험과 연계하여 이해하고 있는지 평가하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-i	$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{1.0\text{ M} \times 0.500\text{ L}}{1\text{ L}} = 0.50\text{ M}$ $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{0.050\text{ M} \times 2 \times 0.500\text{ L}}{1\text{ L}} = 0.050\text{ M}$	2
	$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.050}{0.50} = 1.0 \times 10^{-5}$ $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 4$	3
문제 4-ii	이 용액에 산을 넣으면, 산에서 이온화되어 나온 $\text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 는 $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 와 반응하므로, 혼합 용액의 pH는 거의 일정하게 유지된다. $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq) \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	2.5
	이 용액에 염기를 넣으면, 염기에서 이온화되어 나온 $\text{OH}^-(aq)$ 는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 와 반응하므로, 혼합 용액의 pH는 거의 일정하게 유지된다. $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	2.5
문제 4-iii	용액내에는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 0.50 몰, $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 0.050 몰이 존재한다.	2
	$\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 수용액을 같은 양으로 첨가하면서 용액의 pH를 관찰하는 (가)와 (나)의 실험에서, (가) 용액의 pH가 먼저 크게 변하기 시작할 것이다.	3
	이유를 제시하지 않고 단순히 (가) 용액의 pH가 먼저 크게 변하기 시작한다고 기술하면, 점수를 부여하지 않음.	

7. 예시 답안

[문제 4-i] 제시문에서 주어진 내용에 따라 $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.0 \times 10^{-5}$ 이다. 아세트산 칼슘

($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)은 해리하여, 1분자당 2분자의 $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 이 생성된다. 이 용액을 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 와 섞으면 공통 이온 효과로 인해, 용액에 존재하는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 는 해리가 거의 되지 않고, $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 로 존재한다. 따라서,

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{1.0\text{ M} \times 0.500\text{ L}}{1\text{ L}} = 0.50\text{ M}$$

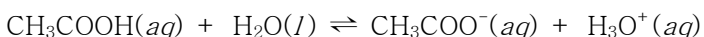
$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{0.050\text{ M} \times 2 \times 0.500\text{ L}}{1\text{ L}} = 0.050\text{ M}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times 0.050}{0.50} = 1.0 \times 10^{-5}$$

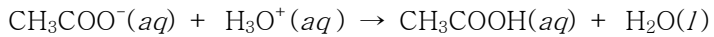
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 4 \text{ 이다.}$$

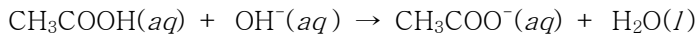
[문제 4-ii] 용액은 다음과 같은 평형을 이루고 있다.



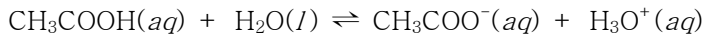
이 용액에 산을 넣으면, 산에서 이온화되어 나온 $\text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 는 $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 와 반응하므로, 혼합 용액의 pH는 거의 일정하게 유지된다.



이 용액에 염기를 넣으면, 염기에서 이온화되어 나온 $\text{OH}^-(aq)$ 는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 와 반응하므로, 혼합 용액의 pH는 거의 일정하게 유지된다.



[문제 4-iii] 두 용액은 다음과 같은 평형을 이루고 있다.



용액내에는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 0.50 몰, $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 0.050 몰이 존재한다. HCl와 반응할 수 있는 $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$ 는 NaOH와 반응 할 수 있는 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 보다 10배 적게 존재한다. 따라서, $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 수용액을 같은 양으로 첨가하면서 용액의 pH를 관찰하는 (가)와 (나)의 실험에서, (가) 용액의 pH가 먼저 크게 변하기 시작할 것이다.

(4) 생명과학

① 문제1

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(생명과학)	
문항번호	문제 1- i ~ iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 I , 생명과학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	세포와 생명의 연속성에서 사람의 유전
답안 작성 시간	12.5분	

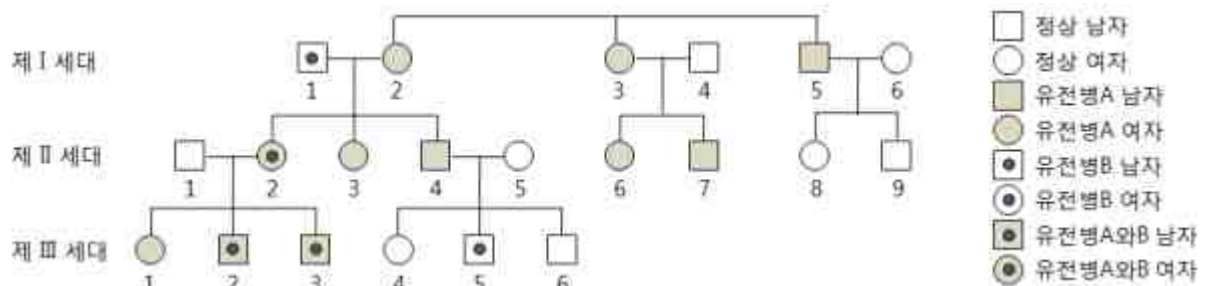
2. 문항 및 제시문

[문제 1] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하십시오.

가. 형질이 한 쌍의 대립 유전자에 의해 결정되어 대립 형질이 명확하게 구분되는 유전 현상을 단일 인자 유전이라고 한다. 이와 달리 형질을 결정하는 데 여러 쌍의 대립 유전자가 함께 작용하여 대립 형질이 뚜렷하게 구분되지 않고 형질이 연속적인 변이를 나타내는 유전 현상을 다인자 유전이라고 한다.

나. 사람의 유전에 대해서 연구할 때는 가계도를 이용하면 편리하다. 가계도에는 가족 관계, 성별 및 조사한 형질을 표시한다. 가계도에 나타난 형질은 원인 유전자가 어느 염색체 상에 있느냐에 따라 상염색체에 의한 유전과 성염색체에 의한 유전으로 구분할 수 있다.

다. 아래는 유전병A와 유전병B를 하나의 가계도에 나타낸 것이다.



[문제 1-i] [3점] 위 <제시문>에 나타난 가계도에서 유전병A와 유전병B가 각각 어떤 유전 양식에 의해 자손에게 유전되는지 근거를 제시하여 논하시오. (단, 제 II 세대 1번 남자는 유전병B에 대해서, 제 II 세대 2번 여자는 유전병A에 대해서 각각 한 종류의 대립 유전자만 갖고 있다.)

[문제 1-ii] [4점] 위 <제시문>에 나타난 가계도에서 제 III 세대 3번 남자가 제 III 세대 4번 여자와 동일한 유전자형을 가지는 여자와 결혼하여 아이를 낳을 경우 아들이면서 유전병A가 나타날 확률과 아들이면서 유전병B가 나타날 확률을 각각 구하시오.

[문제 1-iii] [8점] 특정 동물의 피부색이 검은색에서 흰색까지 정규 분포를 이루며 아래와 같이 두 가지 유전 양식 중 하나에 의해 유전된다고 가정하자.

- ▷ 유전 양식 1: 피부색은 3개의 대립 유전자 쌍 A와 a, B와 b, C와 c에 의해 결정된다. 피부색은 A, B, C를 많이 가질수록 검어지고, 유전자 a, b, c를 많이 가질수록 희어진다. 대립 유전자 A, B, C는 a, b, c에 대해 불완전 우성이다.
- ▷ 유전 양식 2: 피부색은 2개 유전자 A, B의 대립 유전자 조합에 의해 결정된다. A 유전자는 검은색 피부에 기여하는 정도에 따라 A^2 , A^1 , A^0 3개의 대립 유전자를 가지며, B 유전자도 검은색 피부에 기여하는 정도에 따라 B^2 , B^1 , B^0 3개의 대립 유전자를 가진다. A와 B 유전자가 피부색 결정에 기여하는 정도는 동일하다. 3가지 복대립 유전자는 불완전 우성이다.

가장 검은색의 수컷(P1)과 가장 흰색의 암컷(P2) 사이에 태어난 F1 개체끼리 교배하여 F2를 얻었다. 두 가지 유전 양식에 의해 F2에서 각각 몇 가지 서로 다른 피부색을 나타내는지와 P 세대(P1 또는 P2)와 동일한 피부색을 가질 확률을 각각 구하시오. (단, 피부색을 결정하는 유전자들은 상염색체에 존재하며, 각 유전자들의 연관과 교차는 없다.)

	F2 피부색의 종류	F2가 P 세대와 동일한 피부색을 가질 확률
3개 유전자/ 2개의 대립 유전자	() 가지	확률 ()
2개 유전자/ 3개의 대립 유전자	() 가지	확률 ()

3. 출제 의도

유전은 모든 생명체가 생명 현상을 유지하는데 필요하다. 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해하고 사람의 여러 가지 유전 현상을 파악하기 위하여 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 전달되는 것을 이해하고 설명할 수 있다. 본 문제에서는 특정 가계도에 나타난 정보를 바탕으로 유전 양식을 이해하고 논리적으로 설명할 수 있는지 묻고자 하였다. 또한 유전자의 수와 대립 유전자의 조합에 따라 다양한 형질이 나올 수 있다는 것을 통해 다인자 유전에 대한 개념을 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”	
제시문 가	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, 특정 유전 형질에 대한 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아본다.
제시문 나	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, 특정 유전 형질에 대한 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아본다.
제시문 다	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, 특정 유전 형질에 대한 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아본다.
문제 1-i	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성(104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	특정 유전 형질에 대한 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아보게 한다.
문제 1-ii	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성(104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	특정 유전 형질에 대한 가계도를 조사하여 유전 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지 알아보게 한다
문제 1-iii	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성(104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	형질 조사를 통해 단일 인자 유전, 다인자 유전을 구분한다.

2) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016	89
	생명과학I	박희송외 4명	교학사	2016	102-103
	생명과학I	이준규외 5명	천재교육	2016	77

5. 문항 해설

가계도에 나타난 정보를 바탕으로 유전 양식 중 상염색체와 성염색체에 의한 우성 또는 열성 형질 유전을 구분하고, 특정 사람의 유전자형을 예측하여 태어날 자손의 형질 발현 가능성을 확률로 계산할 수 있는지 묻는 문제이다. 또한 동물의 피부색 유전을 3개 유전자/2개 대립 유전자 조건과 2개 유전자/3개 대립 유전자에 의한 다인자 유전 원리에 근거하여 자손의 피부색을 확률로 계산하고 설명할 수 있는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1-i	유전병A와 B의 유전 양식 설명 여부 유전병A가 상염색체 열성 유전이라고 기술하면 1점 유전병B가 반성유전 열성 유전이라고 기술하면 1점	2
	유전양식에 대한 근거 제시 여부 상염색체 열성 유전과 반성 유전 열성 유전에 대한 근거를 논리적으로 기술하면 1점	1
문제 1-ii	아들이면서 유전병A 확률이 1/4이라고 제시하고, 근거를 제시하면 2점 확률 1/4을 제시하였으나, 그 과정이 틀리면 0점	2
	아들이면서 유전병B 확률이 1/8이라고 제시하고, 근거를 제시하면 2점 확률 1/8을 제시하였으나, 그 과정이 틀리면 0점	2
문제 1-iii	3개 유전자/2개 대립 유전자에 의한 피부색이 7종류라고 기술하면 2점 P 세대와 동일한 피부색이 나타날 확률이 1/32라고 제시하면 2점	4
	2개 유전자/3개 대립 유전자에 의한 피부색이 5종류라고 기술하면 2점 P 세대와 동일한 피부색이 나타날 확률이 1/8라고 제시하면 2점	4

7. 예시 답안

[문제 1-i] 유전 현상은 상염색체와 성염색체의 우성 또는 열성 형질로 설명할 수 있다.

유전병A:

우성/열성 여부: 문제의 조건에서 제 II 세대, 2번 여자는 유전병A를 가지면서 동형 접합인데, 부모는 어머니만 형질을 나타내므로 우성 형질이 아니다.

Y 염색체 여부: 여성에서도 형질이 나타나므로 Y 염색체에 의한 한성 유전이 아니다.

성염색체(X 염색체)에 의한 열성 유전 여부: 정상인 제 II 세대, 1번 남자와 제 II 세대, 2번 여자 사이에서 모든 자손이 형질을 나타낼 수 없으므로 X 염색체에 의한 열성 유전도 아니다.

상염색체 열성 유전은 부모의 유전형 조합에 따라 자손의 성별에 관계없이 형질이 나타날 수 있다. 따라서 유전병A는 상염색체 열성 유전이다.

유전병B:

우성/열성 여부: 제 III 세대, 5번 남자가 형질을 나타내는데 부모는 모두 정상이므로 우성 형질은 아니다.

Y 염색체 여부: 여성에서도 형질이 나타나므로 Y 염색체에 의한 한성 유전이 아니다.

상염색체 열성 유전 여부: 문제의 조건에서 유전병B 유전자는 제 II 세대, 1번 남자에서 동형 접합이므로 자손에서 형질이 발현될 수 없다. 따라서 상염색체 열성 유전도 아니다.

유전병B는 유전병을 앓고 있는 여성(제 II세대, 2번)의 아버지(제 I세대, 1번)와 아들(제 III세대, 2와3번)이 모두 유전병을 앓고 있으므로 X염색체, 열성에 의한 반성 유전이다.

[문제 1-ii] 유전병A를 가지는 아들이 태어날 확률: 유전병A가 상염색체, 열성 형질로 유전된다. 제 III 세대, 3번 아버지는 유전형이 A^+/A^+ 이다. 제 II 세대 5번 여자가 보인자 여부에 관계없이, 제 III 세대 4번 여자와 동일한 유전자형을 가지는 여자가 보인자 (A/A^+)일 확률은 1이므로, 이 부부가 유전병A를 가지는 아들을 낳을 확률은 $1/4$ 이다.

유전병B를 가지는 아들이 태어날 확률: 유전병B는 X 염색체, 열성 형질로 유전된다. 제 III세대, 3번 아버지는 유전형이 X^+/Y 이다. 유전병B를 가지기 위해서는 제 III세대 4번 여자와 동일한 유전자형을 가지는 여자가 보인자 (X/X^+)일 확률은 $1/2$ 이고, 이 부부가 유전병B를 가지는 아들을 낳을 확률은 $1/4 \times 1/2 = 1/8$ 이다.

[문제 1-iii] 3개의 유전자가 한 쌍의 대립 유전자를 가지며 불완전 우성이 되는 경우, 가장 검은색 수컷의 유전자형은 AAB \bar{B} CC이고 가장 흰색 암컷의 유전자형은 aabbcc이다. F1은 AaBbCc 유전자형을 가지며, 여기서 8가지 서로 다른 정자와 난자가 각각 생성된다. F2에서는 64가지 유전자형 조합이 가능하며, 가능한 피부색 형질은 가장 검은색을 띠는 AAB \bar{B} CC에서 가장 흰색을 띠는 aabbcc까지 7가지 서로 다른 피부색이 만들어진다. P 세대와 동일한 피부색이 나타날 확률은 $1/64 + 1/64 = 1/32$ 이다.

2개의 유전자가 3개의 복대립 유전자를 가지는 경우, 가장 검은색 수컷의 유전자형은 $A^2A^2B^2B^2$ 이고 가장 흰색 암컷의 유전자형은 $A^0A^0B^0B^0$ 이다. 여기서 생성된 정자와 난자에 의해 $A^2A^0B^2B^0$ 유전자형을 가지는 F1이 태어난다. F1은 A^2B^2 , A^2B^0 , A^0B^2 , A^0B^0 4가지 정자 또는 난자를 생성하므로 유전자형은 16가지 조합이 가능하고, 가능한 피부색 형질은 가장 검은색을 띠는 $A^2A^2B^2B^2$ 에서 $A^0A^0B^0B^0$ 까지 5가지 서로 다른 피부색이 만들어진다. P 세대와 동일한 피부색이 나타날 확률은 $1/16 + 1/16 = 1/8$ 이다.

② 문제2

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계(생명과학)	
문항번호	문제 2- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 I, 생명과학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	세포와 물질대사에서 세포막을 통한 물질 이동
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

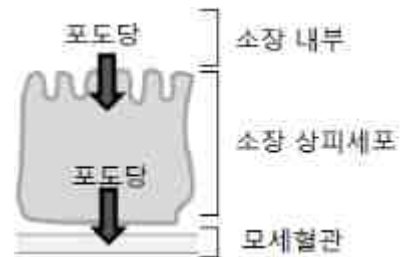
[문제 2] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 산소, 이산화탄소 등 크기가 작은 분자는 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하는데 이를 단순 확산이라고 한다. 크기가 큰 분자나 이온 등은 세포막을 관통하는 막단백질을 통해 이동하는데, 이와 같이 물질이 막단백질에 의해 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 확산되는 현상을 촉진 확산이라 한다. 또한 세포막단백질이 ATP를 사용하여 농도에 거슬러서 물질을 이동시키는 것을 능동수송이라 한다.

나. 세포내 섭취는 세포 바깥의 물질을 세포막으로 감싸 소낭으로 만들어 세포 안쪽으로 끌어들이는 물질 이동 방식이다.

다. 세포를 등장액에 넣어 균질기로 파쇄한 다음 저속과 고속으로 차례로 원심 분리시켜 여러 세포 소기관을 무게에 따라 분리하여 침전시키는 방법을 세포 분획법이라 한다.

라. 영양소는 소장 벽에 있는 융털의 상피 세포에서 흡수되는데, 흡수된 영양소 중 단당류, 아미노산, 수용성 비타민 및 무기염류는 융털의 모세 혈관으로 이동된다([그림 1] 참조).



[그림 1] 소장 상피 세포에서 포도당 흡수

마. 혈액 속에 함유되어 있는 포도당의 양을 혈당량이라고 한다. 혈당량 조절은 인슐린과 글루카곤의 혈중 농도 비율을 통해 이루어진다. 인슐린은 근육에 작용하여 포도당의 흡수를 촉진함으로써 혈당량을 감소시킨다.

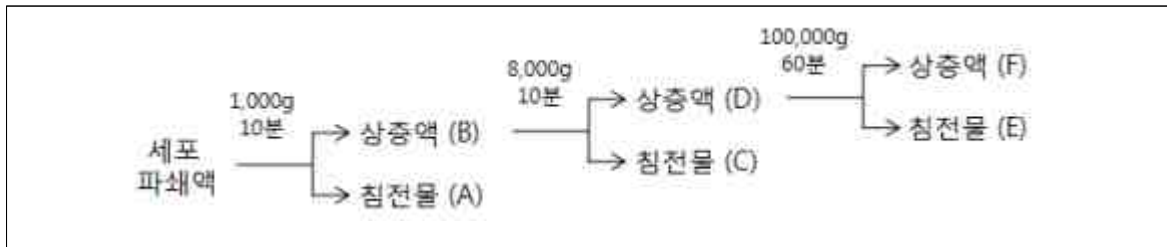
[문제 2-i] [5점] 인체에 존재하는 여러 포도당 운반체단백질에 대한 4가지 연구 결과를 아래와 같이 제시하였다. <제시문 라>와 [그림 1]에 나타난 소장 내부에서 상피세포로 포도당을 수송하는 운반체단백질의 특징에 해당하는 연구 결과를 모두 고르고, 그 근거를 제시하여 논하시오.

연구 결과:

1. 포도당 운반체단백질을 가지는 세포막 외부에 포도당 농도를 증가시키면 농도에 비례하여 포도당 수송이 증가하였다.
2. 포도당 운반체단백질의 양이 증가하면 포도당 수송량도 증가하였다.
3. 세포 내 미토콘드리아 기능이 저하된 경우 세포막에서 포도당 수송이 감소하였다.
4. 인슐린 분비를 유도하였더니 포도당 흡수가 촉진되었다.

[문제 2-ii] [6점] [문제 2-i]에서 선택한 포도당 운반체단백질의 특징이 영양소를 흡수하는 측면에서 어떤 생리적 이점을 가지는지 논하시오.

[문제 2-iii] [4점] 세포막단백질을 인지하는 항체에 형광물질을 부착한 뒤 살아있는 동물 세포와 반응시켰다. 일정 시간이 지난 뒤 세포막단백질에 부착되지 않은 항체를 씻어내고 세포를 관찰하였더니 형광이 세포 내부에서 관찰되었다. 세포를 수확하여 파쇄한 다음 아래와 같이 차례로 원심 분리하여 (A)에서 (F)까지 여섯 개의 분획을 얻었다. 침전물 (A)에서는 다량의 DNA가 검출되었으며, 침전물 (C)에서는 ATP 합성이 관찰되었다. 세포막단백질을 인지하는 항체는 여섯 개의 분획 중 어디에서 관찰되는지 근거를 제시하여 논하시오.



3. 출제 의도

생명 현상의 가장 작은 단위인 세포는 세포막을 통해서 물질 출입이 이루어지며, 이 과정은 세포의 기능을 유지하기 위하여 필수적이다. 세포막을 통한 물질 출입은 물질의 종류 또는 생리적 필요성에 따라 물질 수송의 유형이 달라진다. 본 문제에서는 포도당 수송을 담당하는 포도당 운반체단백질의 특성을 이해하고, 이 과정이 인체에서 영양소를 흡수하는데 어떻게 기여하는지를 이해하고 논리적으로 설명할 수 있는지 묻고자 하였다. 또한 세포 소기관이 기능적으로 서로 연관되어 있으며, 이를 현미경을 이용한 세포 관찰과 세포 분획법 등의 실험적 접근 방법을 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”	
제시문 가	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포막을 비롯한 여러 세포 소기관을 구성하는 막에서 일어나는 단순 확산, 촉진 확산, 삼투, 능동 수송 등의 물질 이동 방식에 대해 다루고, 이들 물질 이동 방식의 공통점과 차이점을 이해하게 한다.
제시문 나	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포막을 비롯한 여러 세포 소기관을 구성하는 막에서 일어나는 단순 확산, 촉진 확산, 삼투, 능동 수송 등의 물질 이동 방식에 대해 다루고, 이들 물질 이동 방식의 공통점과 차이점을 이해하게 한다.
제시문 다	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ① 세포소기관들이 기능적으로 유기적인 관계를 이루고 있음을 이해한다. ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포를 구성하는 세포 소기관의 구조와 기능을 현미경의 이용, 세포분획법, 자기방사법 등의 방법으로 알아낼 수 있음을 이해한다.
제시문 라	교육과정 문서	(3) 항상성과 건강 (105쪽) (가) 생명활동과 에너지 ② 소화, 순환, 호흡, 그리고 배설의 의미를 양분의 흡수 및 에너지 출입과 관련하여 설명 할 수 있다. (1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포의 에너지 대사에 필요한 물질, 양분의 흡수 및 이동, 노폐물의 배출 과정에 소화, 순환, 호흡, 배설이 관련됨을 이해하게 한다. 세포를 구성하는 세포 소기관의 구조와 기능을 현미경의 이용, 세포분획법, 자기방사법 등의 방법으로 알아낼 수 있음을 이해한다.

제시문 마	교육과정 문서	(3) 항상성과 건강(106쪽) (나) 항상성과 몸의 조절 ④ 신경과 호르몬에 의한 체온 조절과 혈당량 조절 원리를 설명할 수 있다. (1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	호르몬의 일반적 특성을 다루고 생물에서의 항상성의 의미와 그 중요성을 이해하게 한다. 항상성 유지의 원리로 피드백 조절과 길항 작용을 다루고, 항상성의 예로 신경과 호르몬에 의한 체온 조절과 혈당량 조절 과정을 다룬다. 세포를 구성하는 세포 소기관의 구조와 기능을 현미경의 이용, 세포분획법, 자기방사법 등의 방법으로 알아낼 수 있음을 이해한다.
문제2-i	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포막의 구조와 막을 통한 물질 수송, 효소의 구조와 특성을 파악함으로써 물질대사를 이해한다.
문제2-ii	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ③ 확산, 삼투, 능동 수송 등 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포막의 구조와 막을 통한 물질 수송, 효소의 구조와 특성을 파악함으로써 물질대사를 이해한다.
문제2-iii	교육과정 문서	(1) 세포와 물질대사 (113쪽) (가) 세포의 특성 ① 세포소기관들이 기능적으로 유기적인 관계를 이루고 있음을 이해한다.
	교육과정 해설서	세포를 구성하는 세포 소기관의 구조와 기능을 현미경의 이용, 세포분획법, 자기방사법 등의 방법으로 알아낼 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과과학II	이길재외 5명	상상아카데미	2016	37-38
	생명과과학II	심규철외 4명	비상교육	2016	48
	생명과과학II	권혁빈외 5명	교학사	2016	17
	생명과과학I	이준규외 5명	천재교육	2016	109
	생명과과학I	이길재외 5명	상상아카데미	2016	156

5. 문항 해설

문제에서 제시한 포도당 운반체단백질에 대한 연구 결과에서 세포막을 통한 포도당의 능동 수송의 예를 구분하고, 소장 상피 세포에서 포도당이 포도당 운반체단백질을 통한 능동 수송이 일어남으로써 영양소의 효율적인 흡수에 어떻게 기여하는지 논리적으로 설명할 수 있는지 묻는 문제이다. 또한 세포 내 섭취라는 물질 이동 방식을 이해하고, 이를 세포 분획법이라는 세포 소기관 분석 방법과 연관하여 이

해하고 있는지 묻는 문제이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 2-i	능동 수송과 연관된 연구 결과로서 연구 결과 2와 3을 선택하면 2점	2
	연구 결과 2가 촉진 확산과 능동 수송에 영향을 준다고 기술하면 2점	3
	연구 결과 3이 능동 수송의 예라고 설명하면 1점	
문제 2-ii	소장 상피 세포에서 포도당이 능동 수송에 의해 흡수가 이루어진다고 기술하면 3점	3
	포도당 능동 수송으로 인해 낮은 농도에서도 효율적인 포도당 흡수가 일어난다고 기술하면 3점	3
문제 2-iii	세포 분획 B, D, E에서 관찰된다고 기술하면 2점	2
	세포 내 섭취 과정을 논리적으로 설명하면 2점	2

7. 예시 답안

[문제 2-i] 포도당은 포도당 운반체단백질에 의해서 세포막을 통한 수송이 일어난다. 포도당은 능동 수송에 의해 소장 내부에서 소장 상피 세포로 흡수된다. 연구 결과 중에서 포도당 운반체의 양에 비례하여 포도당 수송량이 증가하는 것은 촉진 확산과 능동 수송에 의한 포도당 흡수에 모두 해당한다. 능동 수송의 경우 ATP를 필요로 하므로 미토콘드리아의 활성이 저하되면 포도당 수송도 감소된다. 따라서 4가지 연구 결과 중에서 2번과 3번이 소장에서 상피 세포로 포도당 흡수를 담당하는 포도당 운반체단백질의 특성이다.

[문제 2-ii] 인체 내에서 포도당은 인체 조직에 따라서 촉진 확산 또는 능동 수송에 의해 흡수된다. 근육과 같이 에너지 소모가 필요한 조직에서는 촉진 확산에 의해 농도 기울기를 따라서 포도당이 세포로 흡수된다. 하지만 소장에서는 소장 내부의 포도당 농도가 낮더라도 농도에 거슬러서 상피 세포 내부로 포도당 흡수가 일어난다. 만일 소장에서 포도당 흡수가 촉진 확산에 의해 일어난다면 사람이 섭취한 음식물에서 분해된 포도당의 농도가 소장 상피 세포 내 포도당 농도보다 높지 않을 경우에는 흡수되지 못하고 배설될 것이다. 따라서 소장 상피 세포에서 포도당 농도에 거슬러서 능동 수송이 일어남으로써 섭취한 포도당의 농도가 낮더라도 효율적으로 인체 내로 흡수할 수 있다는 이점을 갖는다.

[문제 2-iii] 세포막단백질에 부착된 세포 외부 물질은 세포 내 섭취라는 물질 이동 방식에 의해 세포 내로 수송된다. 세포막단백질에 부착된 세포 외부 물질을 세포막으로 감싼 뒤 소낭으로 만들어 세포 안쪽으로 끌어들이고, 생성된 소낭은 세포막에서 분리된 뒤 이동하여 세포 내에서 리소좀과 결합한다. 리소좀은 지질, 단백질, 당 등을 분해하는 여러 종류의 가수 분해 효소가 있어서 외부 물질을 분해한다. 따라서 문제에서 제시한 형광 물질-항체-막단백질 복합체는 소낭 또는 리소좀에서 관찰될 것이다. 세포 분획법에 의해 세포 소기관을 분리하면 침전물 (A)에서는 핵이 분리되고, 침전물 (B)에서는 미토콘드리아가 분리되며, 이보다 크기가 작은 소낭 또는 리소좀은 침전물 (E)에서 분리 할 수 있다. 따라서 형광 물질은 상층액 (B), 상층액 (D), 침전물 (E)에서 발견된다.

③ 문제3

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계 (생명과학)	
문항번호	문제 3- i ~iii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 I, 생명과학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명 과학 II
	핵심개념 및 용어	유전자를 구성하는 DNA의 구조와 특징
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. DNA와 RNA는 뉴클레오타이드가 사슬처럼 길게 연결된 중합체이다. DNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 티민(T), 사이토신(C)의 4종류가 있다. T와 C은 단일 고리 구조를 가지는 피리미딘계 염기이며, A와 G은 2중 고리 구조를 가지는 퓨린계 염기이다. RNA 뉴클레오타이드는 티민(T) 대신에 우라실(U)이라는 염기를 가진다.

나. DNA 분자는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드 사슬이 서로 마주 보며 꼬여 있는 이중 나선구조를 이루는데, 바깥쪽에는 인산-당 골격이 있고, 마주보고 있는 두 사슬 안쪽에 있는 각 뉴클레오타이드는 항상 A은 T과, G은 C과 수소 결합을 하고 있는 데, 이러한 결합을 상보적 결합이라고 한다.

다. DNA 이중 나선 구조는 생리적 조건에서 매우 안정적이다. 따라서 세포 내에서는 효소의 작용 없이 DNA 이중 나선이 풀어지지 않는다. 그러나 세포 외부에서는 온도가 높아지면 두 가닥의 염기 사이의 수소 결합이 끊어져 단일 가닥으로 나누어지고, 온도가 낮아지면 다시 결합하여 이중 나선을 형성한다. DNA 이중 나선이 풀리는 온도는 특정한 DNA마다 다르다. DNA의 이러한 성질은 중합 효소 연쇄 반응 등의 다양한 실험에 이용된다.

[[문제 3-i] [4점] 이중 나선 DNA에서 $\frac{\text{퓨린계 염기}}{\text{피리미딘계 염기}}$ 의 비를 구하고, 그 근거를 논하시오.

[문제 3-ii] [6점] 아래 표는 생명체 ㉠, ㉡, ㉢의 DNA 염기 조성을 분석하여 얻은 결과이다. 각 생명체 ㉠, ㉡, ㉢의 DNA에서 구아닌이 차지하는 비율을 구하고, 그 근거를 논하시오. (단, 염기 Y는 RNA에서 발견되지 않았다.)

	$\frac{\text{염기 } X}{\text{염기 } Y}$	$\frac{\text{염기 } Z}{\text{아데닌}}$	$\frac{\text{염기 } X}{\text{염기 } Z}$	$\frac{\text{염기 } Y}{\text{아데닌}}$
생명체 ㉔	4	4	1	1
생명체 ㉕	3	3	1	1
생명체 ㉖	1.5	1.5	1	1

[문제 3-iii] [5점] 생명체 ㉔, ㉕, ㉖에서 분리한 DNA들 중, DNA 이중 나선이 풀리는 온도가 가장 높은 것부터 차례대로 나열하고, 그 근거를 논하시오. (단, 모든 생명체에서 분리한 이중 나선 DNA의 길이는 동일하다.)은 상염색체에 존재하며, 각 유전자들의 연관과 교차는 없다.)

3. 출제 의도

DNA의 2중 나선 분자 구조와 물리적 특징에 대한 이해와 자료 분석 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”
제시문 가	교육과정 문서 (2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현의 조절과 관련지어 이해하고, 이를 바탕으로 생명공학 기술을 이해할 수 있게 한다. (가) 유전자와 형질 발현 이 단원에서는 유전자의 본질, 유전자를 구성하는 DNA의 구조와 기능, 유전자의 형질 발현과정, 단백질이 합성되는 과정 등에 대해 다룬다. ① 핵산의 구성 성분과 DNA의 구조 및 복제 과정을 이해한다. 유전자의 본질을 밝혀내는 과학사적인 실험적 증거들을 통해 핵산이 유전 물질의 본체임을 이해하게 한다. 핵산의 종류와 구성 성분을 분자 수준에서 다루고 핵산의 구조와 기능을 관련지어 이해하게 한다.
제시문 나	교육과정 문서 (2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현의 조절과 관련지어 이해하고, 이를 바탕으로 생명공학 기술을 이해할 수 있게 한다. (가) 유전자와 형질 발현 이 단원에서는 유전자의 본질, 유전자를 구성하는 DNA의 구조와 기능, 유전자의 형질 발현과정, 단백질이 합성되는 과정 등에 대해 다룬다. ① 핵산의 구성 성분과 DNA의 구조 및 복제 과정을 이해한다.

		유전자의 본질을 밝혀내는 과학사적인 실험적 증거들을 통해 핵산이 유전 물질의 본체임을 이해하게 한다. 핵산의 종류와 구성 성분을 분자 수준에서 다루고 핵산의 구조와 기능을 관련지어 이해하게 한다.
제시문 다	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다. 생명 공학 기술의 원리는 생물학적으로 의미 있는 예를 통해 설명하되, 가급적이면 생활 주변에서 찾아볼 수 있는 최신의 성과물들을 중심으로 다루도록 한다.
문제3-i	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현의 조절과 관련지어 이해하고, 이를 바탕으로 생명공학 기술을 이해할 수 있게 한다. (가) 유전자와 형질 발현 이 단위에서는 유전자의 본질, 유전자를 구성하는 DNA의 구조와 기능, 유전자의 형질 발현과정, 단백질이 합성되는 과정 등에 대해 다룬다. ① 핵산의 구성 성분과 DNA의 구조 및 복제 과정을 이해한다. 유전자의 본질을 밝혀내는 과학사적인 실험적 증거들을 통해 핵산이 유전 물질의 본체임을 이해하게 한다. 핵산의 종류와 구성 성분을 분자 수준에서 다루고 핵산의 구조와 기능을 관련지어 이해하게 한다.
문제3-ii	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자 발현의 조절과 관련지어 이해하고, 이를 바탕으로 생명공학 기술을 이해할 수 있게 한다. (가) 유전자와 형질 발현 이 단위에서는 유전자의 본질, 유전자를 구성하는 DNA의 구조와 기능, 유전자의 형질 발현과정, 단백질이 합성되는 과정 등에 대해 다룬다. ① 핵산의 구성 성분과 DNA의 구조 및 복제 과정을 이해한다. 유전자의 본질을 밝혀내는 과학사적인 실험적 증거들을 통해 핵산이 유전 물질의 본체임을 이해하게 한다. 핵산의 종류와 구성 성분을 분자 수준에서 다루고 핵산의 구조와 기능을 관련지어 이해하게 한다.
문제3-iii	교육과정 문서	(2) 유전자와 생명 공학 생물의 형질 발현을 유전 정보의 특성, 유전자의 발현 및 조절과 관련지어 이해하고, 생명공학 기술을 유전자에 관한 지식과 관련지어 설명할 수 있다.
	교육과정 해설서	① 재조합 DNA, 단일 클론 항체, PCR, 인간유전체 사업, 줄기세포, 장기이식 등 생명 공학 기술의 원리를 이해한다. 생명 공학 기술의 원리는 생물학적으로 의미 있는 예를 통해 설명하되, 가급적이면 생활 주변에서 찾아볼 수 있는 최신의 성과물들을 중심으로 다루도록 한다.

나) 자료 출처
제시문 가 - 나.

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	100-109
	생명과학II	권혁빈외 5명	(주)교학사	2016년	120-131
	생명과학II	이준규외 5명	천재교육	2016년	96-105

제시문 다.

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	100-109, 148
	생명과학II	권혁빈외 5명	(주)교학사	2016년	120-131, 171-172
	생명과학II	이준규외 5명	천재교육	2016년	96-105, 144-145

[문제 3-i]과 [문제 3-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	100-109
	생명과학II	권혁빈외 5명	(주)교학사	2016년	120-131
	생명과학II	이준규외 5명	천재교육	2016년	96-105

[문제 3-iii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	100-109, 148
	생명과학II	권혁빈외 5명	(주)교학사	2016년	120-131, 171-172
	생명과학II	이준규외 5명	천재교육	2016년	96-105, 138 144-145

5. 문항 해설

제시문의 내용은 유전자의 구조와 특징의 개념에 대하여 기술한 것으로 고등학교 교육과정 생명과학 II의 “유전자와 생명공학” 단원의 내용에도 다루어지고 있는 것으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 제시된 DNA 구조와 물리적 특징 등의 내용으로 문제를 구성하여 DNA의 2중 나선 분자 구조와 물리적 특징에 대한 정확한 이해와 논리적인 사고를 통해 문항에 제시된 자료를 해석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 3-i	이중 나선 DNA에서 $\frac{\text{퓨린계 염기}}{\text{피리미딘계 염기}}$ 비 대답 여부 비는 1이다. 라고 답하면 2점 부여 답을 구하는 과정의 설명이 맞으면 2점 부여	4점
문제 3-ii	각 생명체 ㉔, ㉕, ㉖의 DNA에서 구아닌이 차지하는 비율 대답 여부 각 생명체의 답이 모두 맞으면 3점 부여 답을 구하는 과정의 설명이 맞으면 3점 부여	6점
문제 3-iii	DNA 이중 나선이 풀리는 온도를 가장 높은 것부터 차례대로 나열 여부	5 점

	답이 맞으면 2점 부여	
	답을 구하는 과정의 설명이 맞으면 3점 부여	

7. 예시 답안

[문제 3-i] [4 점]

답. $\frac{\text{퓨린계 염기}}{\text{피리미딘계 염기}}$ 의 비는 1이다.

퓨린계 염기의 총합은 A+G이고, 피리미딘계 염기의 총합은 T+C이다. 이중 나선 DNA에서 A은 T과, G은 C과 상보적 결합을 하므로 A은 T과 숫자가 같고, G은 C과 숫자가 같다. 따라서 퓨린계 염기의 총합은 항상 피리미딘계 염기의 총합과 동일하다.

[문제 3-ii] [6 점]

답. 염기 Y는 RNA에서 발견되지 않고, $\frac{\text{염기 Y}}{\text{아데닌}}$ 의 비가 1이므로 염기 Y는 T이다. 따라서 염기 X와 Z는 C과 G 중의 하나이다. A은 T과 숫자가 같고, G은 C과 숫자가 같기 때문에 각 생명체의 DNA에서 구아닌이 차지하는 비율은 다음과 같다.

$$\text{생명체 ㉠} = \frac{4}{4+4+1+1} = 40\%$$

$$\text{생명체 ㉡} = \frac{3}{3+3+1+1} = 37.5\%$$

$$\text{생명체 ㉢} = \frac{1.5}{1.5+1.5+1+1} = 30\%$$

[문제 3-iii] [5 점]

답. 온도가 높아지면 두 가닥의 염기 사이의 수소 결합이 끊어져 단일 가닥으로 나누어진다. A과 T 사이에는 2개의 수소 결합이, G과 C과 사이에는 3개의 수소 결합이 형성되어 있다. 2개의 수소 결합보다 3개의 수소 결합을 끊을 때 더 높은 온도가 요구된다. 따라서 3개의 수소 결합을 하는 C+G비율이 높으면 DNA 이중 나선이 풀리는 온도가 높아진다. C+G비율이 높은 순서는 생명체 ㉠> 생명체 ㉡> 생명체 ㉢ 순서이다. 따라서 이중 나선이 풀리는 온도가 높은 DNA는 생명체 ㉠> 생명체 ㉡> 생명체 ㉢ 순서이다.

④ 문제4

1. 일반정보

유 형	논술고사	
전형명	과학인재	
계열(과목)	자연계 (생명과학)	
문항번호	문제 4- i , ii	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	생명과학(생명과학 I, 생명과학 II)	
출제범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	세포 분열, 염색체 비분리 현상, 인간의 유전
답안 작성 시간	12.5분	

2. 문항 및 제시문

[문제 4] [15점] 다음 제시문을 읽고 답하시오.

가. 세포 분열에 의해 1개의 세포가 2개의 딸세포로 분열하고, 딸세포는 다시 일정한 시간이 지나면 분열한다. 이와 같이 세포 분열에 의해 생긴 딸세포가 자라서 다시 분열을 끝마칠때까지를 세포 주기라 한다. 세포 주기는 크게 간기와 분열기(M기)로 구분한다. 간기는 첫번째 생장기인 G1기, 유전 물질의 합성기인 S기, 두 번째 생장기인 G2기로 구성된다. 분열기(M기)에는 염색체 분리와 세포질 분열이 일어나서 새로운 딸세포를 만든다.

나. 세포 분열에는 체세포 분열과 감수 분열이 있다.

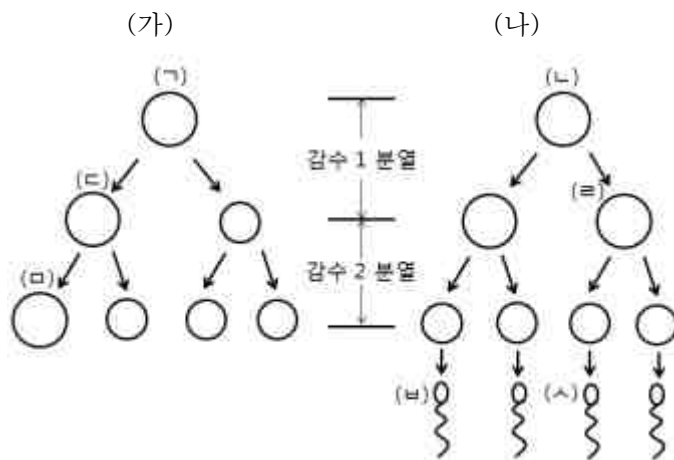
다. 염색체 또는 유전자에 이상이 생겨 부모에게 없던 형질이 나타나는 현상을 돌연변이라 하며, 염색체 돌연변이는 염색체 수에 이상이 생긴 경우와 염색체 구조에 이상이 생긴 경우로 구분할 수 있다.

라. 사람의 체세포는 22쌍의 상염색체와 XX 또는 XY와 같은 성염색체를 포함하여 모두 46개의 염색체를 갖고 있다. 사람의 체세포와 같이 염색체가 상동 염색체 쌍으로 존재하는 경우를 2배체(2n)라고 하고, 생식 세포인 정자와 난자와 같이 상동 염색체 중에서 하나씩만 존재하면 반수체(n)라고 한다. 생식 세포는 감수 분열에 의하여 만들어지며, 수정을 통해 2배체(2n)가 되어 유전 형질은 자손에게 전달된다.

[문제 4-i] [4점] 아래 표는 체세포 X, Y, Z의 세포 주기에 소요되는 시간을 나타낸 것이다. 하나의 X, Y, Z 세포들이 각각 분열을 시작한 후 100시간이 지났을 때, 증가된 세포수를 각각 구하고, 그 근거를 논하시오.

세포 주기	세포		
	X	Y	Z
G1	6	3	6
S	8	15	10
G2	4	5	8
M	2	2	1
계 (시간)	20	25	25

[문제 4-ii] [11점] 아래 그림 (가)와 (나)는 정상인 염색체를 가지는 여자와 남자의 난자와 정자의 형성 과정을 보여준다. 아래 표는 각 세포 (㉠) - (㉨)이 갖고 있는 유전자 A, a, B, b의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 남자 형성 과정인 (가)에서는 성염색체에서, 정자 형성 과정인 (나)에서는 상염색체에서 비분리가 각각 1번씩 일어났다.



세포	DNA 상대량			
	A	a	B	b
(㉠)	2	2	2	2
(㉡)	0	2	2	2
(㉢)	2	2	2	0
(㉣)	0	0	0	2
(㉤)	1	1	1	0
(㉥)	0	1	2	0

- (1) A는 a의 대립 유전자이고 B는 b의 대립 유전자일 때, A 유전자가 위치하는 염색체를 답하고, 그 근거를 논하시오. (단, 제시된 염색체 수 돌연변이 외에 다른 돌연변이와 교차는 일어나지 않았다.)
- (2) 남자가 색맹이고 여자가 정상일 때 세포 (㉤)과 세포 (㉬)이 수정하여 태어난 자손의 염색체 수 및 색맹 여부를 답하고, 그 근거를 논하시오. (단, 제시된 염색체 수 돌연변이 외에 다른 돌연변이와 교차는 일어나지 않았다.)

3. 출제 의도

-세포 분열 과정 중에 발생하는 염색체의 수적 이상의 원인과 인간의 유전에 대한 이해와 자료 분석 능력을 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

1) 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”	
제시문 가	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(가) 세포와 세포분열 ② 세포 주기와 세포 분열을 염색체의 행동과 관련지어 안다. 세포 분열을 통해 염색체가 딸세포로 전달되며, 이 과정에서 염색체에 들어 있는 유전 물질이 다음 세대로 전달됨을 알게 한다. 또, 세포의 분열과 딸세포의 생장이 반복되는 과정이 세포 주기임을 알게 하고, 이 세포 주기의 각 단계에서 일어나는 변화를 DNA 복제와 염색체의 행동을 중심으로 설명한다.
제시문 나	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(가) 세포와 세포분열 ③ 감수분열에서의 염색체 행동을 유전자와 관련지음으로써 생명의 연속성을 이해한다. 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.
제시문 다	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(나) 유전 ③ 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다. 유전자 돌연변이, 염색체 수와 구조적 이상에 의한 돌연변이 형질을 유전자의 변화와 관련지어 이해하게 한다.
제시문 라	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(가) 세포와 세포분열 ① DNA, 유전자, 염색체의 관계를 이해한다. 유전의 기본 법칙을 이해하기 위해서는 DNA, 유전자, 염색체 등의 개념을 알게 하고, 이들 사이의 관계를 이해하게 한다. 유전 현상의 정확한 이해를 돕기 위해 염색체와 상동염색체, 상염색체와 성염색체, 대립 유전자 등 각 개념의 정의를 정확하게 알고, 이들 사이의 차이점과 관계를 정확하게 구별할 수 있게 한다.

문제4-i	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(가) 세포와 세포분열 ② 세포 주기와 세포 분열을 염색체의 행동과 관련지어 안다. 세포 분열을 통해 염색체가 딸세포로 전달되며, 이 과정에서 염색체에 들어 있는 유전 물질이 다음 세대로 전달됨을 알게 한다. 또, 세포의 분열과 딸세포의 생장이 반복되는 과정이 세포 주기임을 알게 하고, 이 세포 주기의 각 단계에서 일어나는 변화를 DNA 복제와 염색체의 행동을 중심으로 설명한다.
문제4-ii	교육과정 문서	(2) 세포와 생명의 연속성 (104쪽) 유전자의 전달을 통한 생명의 연속성을 세포분열, 염색체 행동, 유전 현상과 관련지어 이해한다.
	교육과정 해설서	(가) 세포와 세포분열 ① DNA, 유전자, 염색체의 관계를 이해한다. 유전의 기본 법칙을 이해하기 위해서는 DNA, 유전자, 염색체 등의 개념을 알게 하고, 이들 사이의 관계를 이해하게 한다. 유전 현상의 정확한 이해를 돕기 위해 염색체와 상동염색체, 상염색체와 성염색체, 대립 유전자 등 각 개념의 정의를 정확하게 알고, 이들 사이의 차이점과 관계를 정확하게 구별할 수 있게 한다. ② 세포 주기와 세포 분열을 염색체의 행동과 관련지어 안다. 세포 분열을 통해 염색체가 딸세포로 전달되며, 이 과정에서 염색체에 들어 있는 유전 물질이 다음 세대로 전달됨을 알게 한다. 또, 세포의 분열과 딸세포의 생장이 반복되는 과정이 세포 주기임을 알게 하고, 이 세포 주기의 각 단계에서 일어나는 변화를 DNA 복제와 염색체의 행동을 중심으로 설명한다. (나) 유전 ③ 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다. 유전자 돌연변이, 염색체 수와 구조적 이상에 의한 돌연변이 형질을 유전자의 변화와 관련지어 이해하게 한다.

2) 자료 출처

<제시문 가>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.56-59
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.66-67
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.56-58

<제시문 나>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.66-69
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.68-81
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.59-67

<제시문 다>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.94-101
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.112-117
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.98-99

<제시문 라>

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.90-91
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.63-64
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.51-52

[문제 4-i]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.56-59
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.66-67
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.56-58

[문제 4-ii]

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학I	이길재외 7명	(주)상상아카데미	2016년	pp.66-69, 90-91, 94-101
	생명과학I	박희송외 4명	(주)교학사	2016년	pp.63-64, 68-81, 112-117
	생명과학I	심규철외 5명	비상교육	2016년	pp.51-52, 59-67, 98-99

5. 문항 해설

제시문의 내용은 세포 주기 과정, 염색체 수적 이상, 사람의 유전 방식에 대한 개념에 대하여 기술한 것으로 고등학교 교육과정 생명과학 I의 “세포와 생명의 연속성” 단원의 내용에도 다루어지고 있는 것으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 제시된 것처럼 유전병의 한 원인이 되는 사람 염색체의 수적 이상에 대한 정확한 이해와 논리적인 사고를 통해 문항에 제시된 자료를 해석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 4-i	분열을 시작한 후 100시간이 지났을 때, 증가된 세포수 대답 여부 - 답이 맞으면 2점 부여 - 답을 구하는 과정의 설명이 맞으면 2점 부여	4점
문제 4-ii	A 유전자가 위치하는 염색체 대답 여부 - 답이 맞으면 2점 부여 - 답을 구하는 과정의 설명이 맞으면 3점 부여	11점
	세포 (口)과 세포 (人)이 수정하여 태어난 자손의 염색체 수 및 색맹 확인 여부 - 설명과 구한 염색체 수가 모두 맞으면 3점 부여 - 설명과 색맹 여부가 맞으면 3점 부여	

7. 예시 답안

[문제 4-i] [4 점]

답. 세포 분열에 의해 생긴 딸세포가 자라서 다시 분열을 끝마칠 때까지를 세포 주기라 하기 때문에, 한 번의 세포 주기가 끝나면 각 세포의 수는 2배로 증가한다.

체세포 X, Y, Z의 세포 주기는 각각 20, 25, 25시간이다. 따라서 분열을 시작한 후 100시간이 지났을 때 각 세포들의 분열 횟수는

체세포 X = 5

체세포 Y = 4

체세포 Z = 4 이다.

따라서 100시간 후의 총 세포 수는

체세포 X = $2^5 = 32$

체세포 Y = $2^4 = 16$

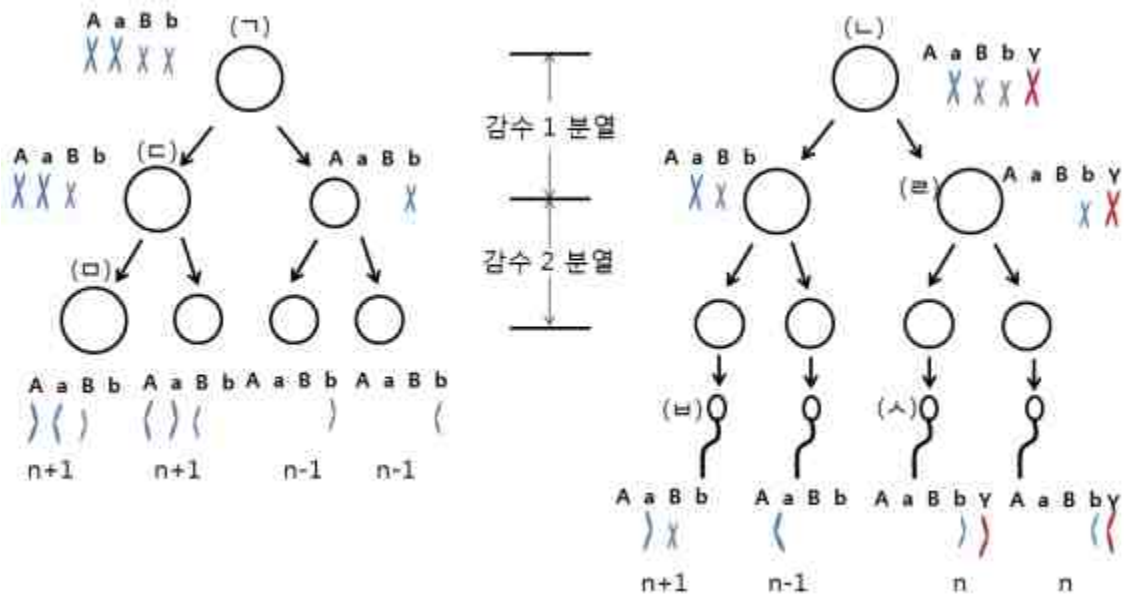
체세포 Z = $2^4 = 16$ 이다.

[문제 4-ii] [11 점]

(1) 답. 상염색체는 남자와 여자의 체세포에 모두 포함되어 있지만, 성염색체의 경우는 다르다. 여성의 체세포는 2개의 X염색체를 가지는 반면, 남자의 체세포는 XY의 염색체를 가진다. 난자 형성 과정의 세포 (ㄱ)은 A, a, B, b 모든 유전자들을 가지는 반면, 정자 형성 과정의 세포 (ㄴ)은 a, B, b 대립 유전자들만 가진다. 따라서 A와 a는 두 개의 X염색체상에 존재하고, B와 b는 상염색체에 존재하는 유전자들이다.

그림 (가)와 표를 비교해 보면, 난자 형성 과정에서 중 감수 1 분열시 A와 a 유전자를 각각 포함하는 상동 염색체에서 비분리가 한번 일어났음을 알 수 있고, 정자 형성 과정에서 중 감수 2 분열시 B 유전자를 포함하는 염색체에서 비분리가 한번 일어났음을 알 수 있다. 따라서 A와 a 유전자는 X염색체에 존재하는 대립 유전자이고, B와 b 유전자는 상염색체에 존재하는 대립 유전자이다.

난자, 정자 형성 과정 중의 모든 세포들에 대하여 A, a, B, b가 위치하는 염색체형을 그림으로 그리면 아래와 같다.



(2) 그림에서 보면 세포 (□)과 세포 (△)이 수정하여 태어난 자손의 염색체 수는 $2n+1$ 로서 47개이다. 색맹은 X염색체에 의한 열성 유전방식을 따른다. 따라서 세포 (□)과 세포 (△)이 수정하여 태어난 자손의 색맹 여부는 부모로부터 물려받은 X염색체에 따라 달라진다. 세포 (□)과 세포 (△)이 수정하여 태어난 자손의 X염색체 2개는 정상인 엄마로부터 물려받았으므로 정상이다.