

[문항카드 3]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

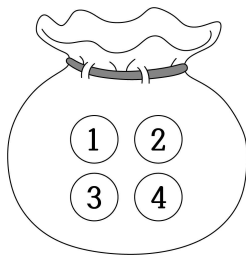
1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	창의인재(자연계열) / 문제 1-1, 1-2, 1-3	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	확률과통계
	핵심개념 및 용어	조건부확률, 확률의 곱셈정리, 사건의 독립
예상 소요 시간	30분/120분	

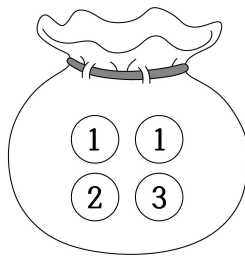
2. 문항 및 제시문

[문제 1] 아래의 제시문을 읽고 문항별로 풀이와 함께 답하시오. (35점)

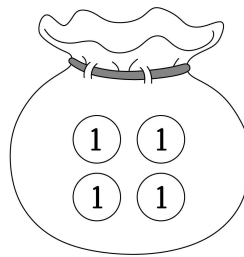
세 개의 주머니 A, B, C가 있다. 주머니 A에는 번호 1, 2, 3, 4가 새겨진 4개의 공이 들어있다. 주머니 B에는 번호 1, 1, 2, 3이 새겨진 4개의 공이 있고, 주머니 C에는 번호 1이 새겨진 4개의 공이 들어있다.



주머니 A



주머니 B



주머니 C

주머니 세 개에서 한 개의 주머니를 임의로 선택하고, 선택한 주머니에서만 임의로  $n$  번 공을 꺼내는 실험을 시행한다. 단, 매번 꺼낸 공의 번호를 확인하고 다시 되돌려 넣은 뒤 다음 공을 꺼내는 것을 가정한다.

[문제 1-1] 선택된 주머니에서 공을 꺼내는 실험을 1번 시행할 때 1번 공이 뽑힐 확률을 구하시오. 그리고 이렇게 꺼낸 공이 1번 공일 때 선택된 주머니가 C일 확률을 계산하시오. (10점)

[문제 1-2] 선택된 주머니에서  $n$  번 모두 1번 공이 뽑혔다. 주머니 C가 선택되었을 확률을 구하시오. (10점)

[문제 1-3] 몇 회의 반복 실험에서 뽑힌 공이 모두 1번 공일 때, 주머니 C를 선택했다는 주장이 사실일 확률이 0.9 이상이라고 할 수 있는지 근거와 함께 결과를 제시하시오. (15점)

### 3. 출제 의도

확률의 개념을 이해하고 확률의 곱셈정리를 활용하여 조건부확률을 구할 수 있다. 확률 현상에 기초한 주장의 근거를 제시할 수 있다.

### 4. 출제 근거

#### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호[별책8] "수학과 교육과정" - 확률과 통계 (2) 확률 (가) 조건부확률
성취기준	[12확통02-05] 조건부확률의 의미를 이해하고, 이를 구할 수 있다. [12확통02-06] 사건의 독립과 종속의 의미를 이해하고, 이를 설명할 수 있다. [12확통02-07] 확률의 곱셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

#### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	확률과통계	박교식외	동아출판	2019	60-65
	확률과통계	이준열외	천재교육	2019	61-65
	확률과통계	고성은외	신사고	2019	57-62
	확률과통계	류희찬외	천재교과서	2019	59-62

### 5. 문항 해설

[문제 1-1] 주머니가 선택되는 확률과 각각의 주머니에서 1번 공이 뽑히는 확률을 확률의 곱셈 법칙에 적용해서 1번 공이 뽑히게 되는 확률을 계산한다. 그리고 1번 공이 뽑힌 것을 가정할 때 주머니 C가 선택되었을 확률은 조건부확률을 이용해서 구할 수 있다.

[문제 1-2] 주머니를 선택하는 과정과 같은 주머니에서 공을 반복적으로 동일한 확률로 뽑는 시행을 고려하고 조건부확률을 이용해서 주머니 C가 선택될 확률을 구할 수 있다. 앞의 [문제 1-1]의 결과를 여러 번 공을 뽑는 경우로 일반화한 결과이다.

[문제 1-3] 주장이 사실이라는 것은 주머니 C가 선택되었다는 것이다. 공을 뽑는 회수별로 앞의 [문제 1-2]의 확률을 계산해서 근거와 결과를 제시할 수 있다.

## 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10
1-2	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 결과를 올바르게 유도하지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10
1-3	(상) 문제를 올바르게 해석하고 명확한 계산에 기초하여 근거와 결과를 옳게 제시한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	15

## 7. 예시 답안

### [문제 1-1]

$A=\{\text{주머니 A 선택}\}$ ,  $B=\{\text{주머니 B 선택}\}$ ,  $C=\{\text{주머니 C 선택}\}$ ,

$D1=\{\text{1번 꺼낸 공이 1번 공}\}$

(i) 1번 공이 뽑힐 확률 :

$$P(D1)=P(A)P(D1|A)+P(B)P(D1|B)+P(C)P(D1|C)=(1/3)*(1/4)+(1/3)*(1/2)+(1/3)*1=7/12$$

(ii) 꺼낸 공이 1번 공일 때 주머니 C가 선택될 확률 :

$$P(C|D1)=P(C \cap D1)/P(D1)=(1/3)/(7/12)=4/7$$

또 다른 풀이 :

(i) 주머니를 임의로 선택해서 공을 한 개 뽑는 실험이므로 전체 12개에서 1개의 공을 임의로 뽑는 실험과 동일하며 따라서 1번 공이 뽑힐 확률은  $7/12$

(ii) 꺼낸 공이 1번 공인 경우는 1번 공 7개 중에서 1개가 선택된 경우이고 이 중에서 주머니 C의 공이 4개이니까 주머니 C가 선택될 확률은  $4/7$

### [문제 1-2]

$Dn=\{n\text{번 모두 1번 공}\}$

$$P(Dn)=P(A)P(Dn|A)+P(B)P(Dn|B)+P(C)P(Dn|C)=(1/3)*(1/4)^n+(1/3)*(1/2)^n+(1/3)*1$$

$$P(C|Dn)=P(C \cap Dn)/P(Dn)=(1/3)/\{(1/3)*(1/4)^n+(1/3)*(1/2)^n+(1/3)*1\}=4n/(1+2n+4n)$$

**[문제 1-3]**

$$n=1 : P(C|Dn)=4/7=0.57...<0.9$$

$$n=2 : P(C|Dn)=16/(1+4+16)=16/21=0.76...<0.9$$

$$n=3 : P(C|Dn)=64/(1+8+64)=64/73=0.87...<0.9$$

$$n=4 : P(C|Dn)=256/(1+16+256)=256/273=0.93... \geq 0.9$$

따라서 4회의 반복 실험에서 모두 1번 공이 뽑힐 때, 주머니 C가 선택되었을 확률이 0.9 이상 (동일한 의미로 주머니 C를 선택했다는 주장이 사실일 확률이 0.9 이상)

## ■ 논술우수자 전형(창의인재) 출제 문제1에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사/수학과)

#### (문제1-1)

확률의 기본 성질과 조건부확률의 개념을 활용하여 확률을 계산하는 평이한 수준의 문제로 확률과통계 과목에 관한 고등학교 교육과정을 이수한 학생은 충분히 문제해결이 가능하다.

#### (문제1-2)

조건부확률, 사건의 독립의 개념을 활용한 문제로  $n$ 번 시행했을 때의 조건부확률을 계산하는 문제이다. 평이한 수준의 난도이며 고등학교 교육과정을 이수한 학생은 충분히 문제해결이 가능하다.

#### (문제1-3)

[1-2]에서 구한 조건부확률 식을 통해 몇 번 이상 시행했을 때, 조건을 만족시키는 확률이 나오는지 확인하는 형태의 문제이다. 시행을 반복했을 때, 구하고자 하는 확률이 1에 가까워짐을 깨닫게 해주는 평이한 수준의 문제로 고등학교 교육과정을 이수한 학생은 충분히 문제해결이 가능하다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사/수학과)

#### (문제1-1)

조건부확률의 기본개념을 이해하고 있는지 평가하는 문항이다. 곱셈정리를 이용하여 세부확률을 구할 수 있다면 충분히 해결할 수 있고, 확률과 통계 교육과정을 기반으로 출제되었다.

#### (문제1-2)

1-1에 사용된 조건부확률 개념을 확장하여  $n$ 번 반복되는 상황에서 동일한 형태로 확률을 구할 수 있는지 평가하는 문항이다. 확률과 통계 교육과정을 기반으로 출제되었고, 1-1을 해결한 학생이라면 무난히 풀 수 있는 난이도이다.

#### (문제1-3)

1-2에서 구한 식을 이용하여  $n$ 값이 변화할 때 확률이 증가하는 특징을 찾아낼 수 있는지를 평가하는 문항이다.  $n$ 값으로 1부터 4까지 대입하는 과정만 잘 계산할 수 있으면 정답을 구할 수 있다. 확률과 통계 교육과정을 기반으로 출제되었고, 1-2를 구한 학생이라면 충분히 풀 수 있는 수준의 난이도이다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사/수학과)

#### (문제1-1)

확률의 기본 성질과 조건부확률의 개념을 활용하여 출제된 문제로 고등학교 교육과정을 수행한 수험생이라면 충분히 해결가능한 수준이라고 판단된다.

#### (문제1-2)

조건부확률, 사건의 독립의 개념을 활용하여 출제된 문항으로  $n$ 번 시행했을 때의 조건부 확률의 계산하는 문제이다. 각 주머니의 1번 공이 나올 확률만 계산하면 고등학교 교육과정을 수행한 수험생이 충분

히 해결가능한 수준이라고 판단된다.

**(문제1-3)**

1-2번 문제에서 구한 조건부확률의 식을 활용하여  $n$  값에 숫자를 대입하면 조건을 만족할 때의 확률이 나오는지를 실제 값을 통해서 근거를 제시하는 문제이다.  $n$  값이 커질 때 구할 확률이 1에 가까워짐은 미적분 교과에서 극한으로 구할 수 있지만 이 역시 고등학교 교육과정 내에 있는 개념으로 해결이 가능한 수준이라고 판단된다.

[문항카드 4]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	창의인재(자연계열) / 문제 2-1, 2-2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학Ⅱ
	핵심개념 및 용어	정적분, 함수의 극한
예상 소요 시간	30분/120분	

2. 문항 및 제시문

【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

(가) 두 실수  $a, b$ 에 대해서  $0 \leq a < b$  라고 하자. 이차함수  $y = x^2$ 의 그래프 위의 두 점  $A(a, a^2)$ 와  $B(b, b^2)$ 에서 그은 두 접선의 교점을  $C(c, d)$ 라 하자.

(나) 두 실수  $a, b$ 에 대해서  $a = \frac{-t + \sqrt{t^2 + 16t}}{8}$ ,  $b = \frac{-3t + 3\sqrt{t^2 + 4t}}{8}$  ( $t > 0$ )라고 하자. 이차함수  $y = x^2$ 의 그래프 위의 두 점  $A(a, a^2)$ 와  $B(b, b^2)$ 에 대하여 선분  $AB$ 를  $m:n$  ( $m > 0, n > 0$ )으로 내분하는 점  $P$ 의 좌표를  $(f(t), g(t))$ 라고 하자.

(다) 좌표평면 위의 두 점  $A(x_1, y_1)$ 와  $B(x_2, y_2)$ 에 대하여 선분  $AB$ 를  $m:n$  ( $m > 0, n > 0$ )으로 내분하는 점의 좌표는  $\left( \frac{mx_2 + nx_1}{m+n}, \frac{my_2 + ny_1}{m+n} \right)$  이다.

【문제 2-1】 제시문 (가)에서 이차함수  $y = x^2$ 과 두 접선에 의해 둘러싸인 도형의 넓이를 구하시오. (10점)

【문제 2-2】 제시문 (나)에서 주어진 점  $P$ 의  $x$ 좌표  $f(t)$ 에 대해서  $\lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$ 를 구하고 그 의미를 명확히 설명하시오. (15점)

3. 출제 의도

함수의 극한값을 구하는 문제 해결 능력, 수학 기호와 문제 풀이에 대한 표현을 정확하게 사용하고 있는지 평가하고자 하였다. 도함수의 활용인 접선의 방정식을 구하는 것과 정적분의 활용인 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하는 것에 대한 문제 해결 능력과 수학적 의사소통 능력을 갖추고 있는지 평가하고자 하였다.

#### 4. 출제 근거

##### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호[별책8] "수학과 교육과정" 1. 수학 (3) 도형의 방정식 (나) 선분의 내분과 외분 2. 수학Ⅱ (3) 적분 (다) 정적분의 활용 3. 수학Ⅱ (1) 함수의 극한과 연속 (가) 함수의 극한
성취기준	[12수학Ⅱ02-06] 접선의 방정식을 구할 수 있다. [12수학Ⅱ03-05] 곡선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구할 수 있다. [10수학02-02] 선분의 내분과 외분을 이해하고, 내분점과 외분점의 좌표를 구할 수 있다. [12미적01-02] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.

##### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	홍성복외	지학사	2018	115-121
	수학	이준열외	천재교육	2018	113-117
	수학Ⅱ	홍성복외	지학사	2018	20-25
	수학Ⅱ	박교식외	동아출판	2018	19-24

#### 5. 문항 해설

(문제 2-1) 이차함수에서 두 접선을 구하고 이들에 의해 둘러싸인 도형의 넓이를 구한다.

(문제 2-2) 주어진 선분의 내분점 좌표  $f(t)$ 에 대해서 분자 또는 분모를 유리화하여 극한값을 구한다.

#### 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	(상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시한 경우 (중) 답이 틀렸지만 접선의 방정식과 정적분 식이 맞는 경우 (하) 답이 틀렸지만 접선의 방정식만 맞게 구한 경우	10
2-2	(상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시한 경우 (중상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시하지 못한 경우 (중하) 답이 틀렸지만 $f(t)$ 를 구하고 극한 계산에서 유리화 식이 맞는 경우 (하) 답이 틀렸지만 $f(t)$ 만 맞게 구한 경우	15

## 7. 예시 답안

[문제 2-1] (답)  $\frac{(b-a)^3}{12}$

(풀이)  $f(x) = x^2$  라고 하면  $f'(x) = 2x$  이다.  $A(a, a^2)$  에서의 접선의 기울기는  $f'(a) = 2a$  이고  $B(b, b^2)$  에서의 접선의 기울기는  $f'(b) = 2b$  이다. 따라서 점  $A(a, a^2)$  에서 접선의 방정식은  $y = 2ax - a^2$  이고 점  $B(b, b^2)$  에서 접선의 방정식은  $y = 2bx - b^2$  이다. 두 접선의 교점의  $x$  좌표는  $2ax - a^2 = 2bx - b^2$  에서  $x = \frac{a+b}{2}$  이다. 따라서 넓이는

$$\begin{aligned} & \int_a^{\frac{a+b}{2}} \{x^2 - (2ax - a^2)\} dx + \int_{\frac{a+b}{2}}^b \{x^2 - (2bx - b^2)\} dx = \int_a^{\frac{a+b}{2}} (x-a)^2 dx + \int_{\frac{a+b}{2}}^b (x-b)^2 dx \\ & = \left[ \frac{1}{3} (x-a)^3 \right]_a^{\frac{a+b}{2}} + \left[ \frac{1}{3} (x-b)^3 \right]_{\frac{a+b}{2}}^b = \frac{2}{3} \left( \frac{b-a}{2} \right)^3 \text{ 이다.} \end{aligned}$$

[문제 2-2] (답)  $\frac{3m+4n}{4(m+n)}$

(풀이)  $f(t) = \frac{mb+na}{m+n} = \frac{1}{8(m+n)} \{-3(t - \sqrt{t^2+4t})m - (t - \sqrt{t^2+16t})n\}$  이므로

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} (t - \sqrt{t^2+4t}) &= \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{(t - \sqrt{t^2+4t})(t + \sqrt{t^2+4t})}{(t + \sqrt{t^2+4t})} \\ &= \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t^2 - (t^2+4t)}{t + \sqrt{t^2+4t}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{-4t}{t + \sqrt{t^2+4t}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{-4}{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{t}}} = -2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ii)} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} (t - \sqrt{t^2+16t}) &= \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{(t - \sqrt{t^2+16t})(t + \sqrt{t^2+16t})}{(t + \sqrt{t^2+16t})} \\ &= \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t^2 - (t^2+16t)}{t + \sqrt{t^2+16t}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{-16t}{t + \sqrt{t^2+16t}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{-16}{1 + \sqrt{1 + \frac{16}{t}}} = -8 \end{aligned}$$

이다. 따라서

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) &= \frac{1}{8(m+n)} \lim_{t \rightarrow \infty} \{(-3)(t - \sqrt{t^2+4t})m - (t - \sqrt{t^2+16t})n\} \\ &= \frac{1}{8(m+n)} \left\{ \lim_{t \rightarrow \infty} \{(-3)m(t - \sqrt{t^2+4t})\} + \lim_{t \rightarrow \infty} \{-n(t - \sqrt{t^2+16t})\} \right\} = \frac{3m+4n}{4(m+n)}. \end{aligned}$$

## ■ 논술우수자 전형(창의인재) 출제 문제2에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사/수학과)

#### (문제 2-1)

곡선과 두 직선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하는 문제로서 일반선택 과목인 수학Ⅱ 교과 내의 지식으로 충분히 문제해결이 가능하다. 정적분의 개념을 활용한 평이한 수준의 문제이다.

#### (문제 2-2)

공통과목인 수학의 좌표평면에서 선분의 내분점에 관한 개념과 함수의 극한에 관한 개념이 혼합된 형태의 문제로서, 수학Ⅱ 무리식을 포함한 함수의 극한값 계산에 익숙한 학생이라면 충분히 문제해결이 가능하다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사/수학과)

#### (문제 2-1)

접선의 방정식을 구할 수 있고, 두 곡선 사이의 넓이를 구할 수 있는지 평가하는 문항이다. 접선의 교점의  $x$ 좌표를 찾아내어 적분구간을 분리하여 정적분을 할 수 있다면 무난히 해결할 수 있다. 수학Ⅱ 교육과정을 바탕으로 출제되었고, 기본적인 미적분 개념을 요구하는 수준의 문제이다.

#### (문제 2-2)

극한 개념 이해와 무리식을 유리화하는 과정을 할 수 있는지 평가하는 문항이다. 제시된 내분점 공식을 이용하여 최초식을 세울 수 있다면 극한값을 충분히 구해낼 수 있다. 미적분 교육과정을 바탕으로 출제되었고, 극한을 구하는 과정을 잘 이해하고 있는 학생이라면 잘 해결할 수 있는 난이도이다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사/수학과)

#### (문제 2-1)

주어진 점에서의 접선의 방정식을 구하고, 곡선과 두 직선으로 둘러싸인 도형의 넓이를 구하는 문제로 수학Ⅱ에서 미분과 적분의 개념을 알고 있다면 충분히 해결 가능한 수준의 문제이다. 다만 숫자가 아닌 문자로 출제되었지만 문제를 해결하는데 있어서 전혀 문제가 되지 않는다고 판단된다.

#### (문제 2-2)

1학년때 수학에서 배우는 내분점에 관한 개념과 함수의 극한의 개념을 혼합하여 출제된 문제이다. 수학Ⅱ에서 배우는 무리식이 포함된 함수의 극한의 개념을 알고 있고, 이를 식 대신에 극한값을 대입한다는 정도의 수학적 문제해결능력만 있으면 충분히 해결 가능한 문제라고 판단된다. 문제를 해결하는 과정에서 고등학교 교육과정을 벗어나는 개념이 활용되지는 않는다.

[문항카드 5]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	창의인재(자연계열) / 문제 3-1,3-2, 3-3	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분
	핵심개념 및 용어	등비급수의 합, 부분적분, 변곡점
예상 소요 시간	30분/120분	

2. 문항 및 제시문

[문제 3] 아래의 제시문을 읽고 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

(가) 어느 플라스틱 쓰레기 수집 업체에서는 매달 플라스틱 쓰레기 1500톤을 수거하여 재활용 가능한 플라스틱으로 재생산한다고 한다. 매달 플라스틱 쓰레기의 65%가 선별 과정을 통과하고 그중 80%가 재활용된다고 한다. 또 재생산된 플라스틱 쓰레기의 65%가 선별 과정을 통과하고 그중 80%가 재활용된다고 한다.

(나) 어느 지역에서 시각  $t(t \geq 1.5)$ 에서의 재활용되는 플라스틱 쓰레기의 양  $f(t)$ 톤은  $f(t) = (10t^2 - 9t - 9)e^{-t}$ 라고 한다.

[문제 3-1] 제시문 (가)에서 이번 달에 수거한 플라스틱 쓰레기 1500톤에 대해서 재생산과 재활용 과정을 매달 한없이 반복할 때, 재활용하게 되는 플라스틱의 양은 모두 몇 톤인지 구하시오. (10점)

[문제 3-2] 제시문 (나)에서 시각  $t$ 가 1.5에서  $x$ 가 될 때까지( $1.5 \leq t \leq x$ ) 재활용하게 되는 플라스틱의 양을  $A(x)$ 라고 하자. 이때  $\lim_{x \rightarrow \infty} A(x)$ 을 구하시오. (단,  $\lim_{x \rightarrow \infty} x^2 e^{-x} = 0$ ) (15점)

[문제 3-3] 제시문 (나)에서 주어진 함수  $f(t)$ 에서 변곡점의 좌표를  $(a, b)$ 라고 할 때  $a$ 를 구하고 이 유를 설명하시오. (15점)

3. 출제 의도

지수함수와 등비급수의 뜻을 알고 이를 활용, 부분적분법을 이해하고 이를 활용, 이계도함수와 함수의 그래프 개형을 이해하고 변곡점을 찾는 문제 해결 능력과 의사소통 능력을 갖추고 있는지 평가하고자 하였다.

#### 4. 출제 근거

##### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호[별책8] “수학과 교육과정” 수학 I (1) 지수함수와 로그함수 (가) 지수함수의 뜻 미적분 (1) 수열의 극한 (나) 등비급수 미적분 (3) 적분법 (가) 부분적분법 미분법 (2) 미분법 (다) 함수의 그래프 수학 II (3) 적분 (2) 정적분
성취기준	[12수학 I 01-06] 지수함수와 로그함수의 뜻을 안다. [12미적01-05] 등비급수의 뜻을 알고, 그 합을 구할 수 있다. [12미적03-02] 부분적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. [12미적02-10] 이계도함수를 구할 수 있다. [12미적02-12] 함수의 그래프의 개형을 그릴 수 있다. [12수학 II 03-03] 정적분의 뜻을 안다.

##### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	박교식외	동아출판	2018	37-38
	수학 I	홍성복외	지학사	2018	41-42
	미적분	고성은외	신사고	2019	32-34
	미적분	고성은외	신사고	2019	104-105
	미적분	고성은외	신사고	2019	137-138
	미적분	류희찬외	천재교과서	2019	35-37
	미적분	류희찬외	천재교과서	2019	128-130
	미적분	류희찬외	천재교과서	2019	172-174

#### 5. 문항 해설

(문제 3-1) 이산 영역에서 일정 비율로 감소하는 양의 총합에 관한 문제를 등비급수를 활용하여 해결할 수 있다.

(문제 3-2) 연속 영역에서 일정 비율로 감소하는 양의 총합에 관한 문제를 정적분 부분적분법을 통하여 해결할 수 있다.

(문제 3-3) 함수의 변곡점을 이계도함수를 이용해서 구하고 그 이유를 설명할 수 있다.

## 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
3-1	(상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시한 경우 (중) 답이 틀렸지만 접선의 등비급수 식이 맞는데 답이 틀린 경우 (하) 답이 틀린 경우	10
3-2	(상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시한 경우 (중) 답이 틀렸지만 정적분 식의 부분적분법에서 계산 실수 있는 경우 (하) 정적분 식을 제시하지 못한 경우	15
3-3	(상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시한 경우 (중상) 답이 맞고 그 이유를 명확히 제시하지 못한 경우 (중하) 답이 틀렸지만 이계도함수를 구한 경우 (하) 이계도함수를 구하지 못한 경우	15

## 7. 예시 답안

[문제 3-1] (답) 1625톤

(풀이) 플라스틱 쓰레기 1500톤을 재활용하게 되는 플라스틱의 양을 모두 구하면

$$1500 \times (0.65 \times 0.8) + 1500 \times (0.65 \times 0.8)^2 + 1500 \times (0.65 \times 0.8)^3 + \dots$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} (1500 \times 0.52^n) = \frac{1500 \times 0.52}{1 - 0.52} = 1625$$

이다. 그러므로 답은 1625톤 이다.

[문제 3-2] (답)  $41e^{-1.5}$

(풀이) (i)  $A(x) = \int_{1.5}^x (10t^2 - 9t - 9)e^{-t} dt$  이고 두 함수의 곱의 정적분이므로 부분적분법을 이용한다.

$\alpha(t) = 10t^2 - 9t - 9, \beta'(t) = e^{-t}$  로 놓으면  $\alpha'(t) = 20t - 9, \beta(t) = -e^{-t}$  이므로

$$A(x) = \int_{1.5}^x (10t^2 - 9t - 9)e^{-t} dt = \left[ -(10t^2 - 9t - 9)e^{-t} \right]_{1.5}^x - \int_{1.5}^x (20t - 9)(-e^{-t}) dt$$

$$= -(10x^2 - 9x - 9)e^{-x} + \int_{1.5}^x (20t - 9)e^{-t} dt$$

이다. 같은 방법으로  $\int_{1.5}^x (20t - 9)e^{-t} dt$  에서  $\alpha(t) = 20t - 9, \beta'(t) = e^{-t}$  로 놓으면

$\alpha'(t) = 20, \beta(t) = -e^{-t}$  이므로

$$\int_{1.5}^x (20t - 9)e^{-t} dt = \left[ -(20t - 9)e^{-t} \right]_{1.5}^x - \int_{1.5}^x 20(-e^{-t}) dt$$

$$= -\{(20x - 9)e^{-x} - 21e^{-1.5}\} + \left[ -20e^{-t} \right]_{1.5}^x = -(20x + 11)e^{-x} + 41e^{-1.5}$$

이다. 따라서

$$A(x) = \int_{1.5}^x (10t^2 - 9t - 9)e^{-t} dt = (-10x^2 + 9x + 9)e^{-x} + \int_{1.5}^x (20t - 9)e^{-t} dt$$

$$= (-10x^2 - 11x - 2)e^{-x} + 41e^{-1.5} \text{이다.}$$

(ii)  $\lim_{x \rightarrow \infty} A(x)$  를 구하면

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \{(-10x^2 - 11x - 2)e^{-x} + 41e^{-1.5}\} = \lim_{x \rightarrow \infty} \{-10x^2e^{-x} - 11xe^{-x} - 2e^{-x} + 41e^{-1.5}\} = 41e^{-1.5}$$

이다.

[문제 3-3] (답)  $a = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20}$

(풀이) 함수  $f(t) = (10t^2 - 9t - 9)e^{-t}$  ( $t \geq 1.5$ )

$$f'(t) = (20t - 9)e^{-t} - (10t^2 - 9t - 9)e^{-t} = (-10t^2 + 29t)e^{-t},$$

$$f''(t) = (-20t + 29)e^{-t} - (-10t^2 + 29t)e^{-t} = (10t^2 - 49t + 29)e^{-t}.$$

$$f''(t) = 0 \text{ 에서 } t = \frac{49 - \sqrt{1241}}{20} \text{ 또는 } t = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20} \text{ 이다.}$$

$t > 1.5$  이므로  $t = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20}$  의 좌우에서  $f''(t)$  의 부호를 조사하여 표로 나타내면 다음과 같다.

$t$	1.5	...	$t = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20}$	...
$f''(t)$	$-22e^{1.5}$	-	0	+

$f''(t) = 0$  인 점  $t = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20}$  의 좌우에서  $f''(t)$  의 부호가 바뀌므로

$$a = \frac{49 + \sqrt{1241}}{20} \text{ 이다. (끝)}$$

## ■ 논술우수자 전형(창의인재) 출제 문제3에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### (문제 3-1)

제시문 속에 제시된 문제 상황이 등비급수 또는 지수함수의 형태임을 파악해야 하는 문제이다. 평이한 수준의 난이도이며 고등학교 미적분 교육과정을 이수한 학생은 충분히 문제해결이 가능하다.

#### (문제 3-2)

시각이 변할 때 재활용하게 되는 플라스틱의 양을 정적분으로 표시된 함수로 표현해야 하는 문제이다. 또한 부분적분의 개념과 함수의 극한이 혼합된 난도 있는 문제이지만, 미적분 교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 문제해결이 가능하다.

#### (문제 3-3)

다항함수와 지수함수가 곱해진 함수의 변곡점을 구하는 문제이다. 이계도함수와 변곡점에 대한 개념, 곱의 미분을 할 수 있다면 충분히 문제해결이 가능하다. 변곡점을 계산하는 문제는 계산력을 측정하는 문제이므로 평이한 수준의 문제이다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

#### (문제 3-1)

제시문 (가)의 내용이 반복되면 등비수열을 이루고, 수열의 합이 등비급수임을 해석할 수 있는지 평가하는 문항이다. 등비급수의 합을 구하는 과정을 알고 있는 학생이라면 무난히 풀 수 있다. 미적분 교육과정을 바탕으로 잘 출제되었다.

#### (문제 3-2)

$A(x)$ 가  $f(t)$ 를 정적분해야 얻어진다는 점을 찾아내야 풀이과정을 시작할 수 있는 문항이다. 부분적분법을 알고, 두 번 적용하는 과정을 통해  $A(x)$ 를 구할 수 있다. 제시된 조건을 이용하여 마무리 극한 계산만 잘 해결할 수 있다면 충분히 풀어낼 수 있다. 수학II, 미적분 교육과정을 기반으로 출제되었다.

#### (문제 3-3)

이계도함수, 증감표, 변곡점의 개념을 평가하는 문항이다. 다항함수와 지수함수의 미분, 곱의 미분을 이용하여 이계도함수를 구할 수 있어야 한다. 증감표를 통해 변곡점을 확인하는 과정을 할 수 있다면 문제의 정답을 찾는 마무리과정을 잘 해결할 수 있다. 미적분 교육과정을 바탕으로 출제되었고, 기본개념에 대한 이해력과 정확한 계산능력을 갖춘 학생이라면 풀어낼 수 있는 난이도이다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### (문제 3-1)

주어진 제시문을 통해서 지수의 밑을 구하고 무한등비급수에 적용하는 문제로 수험생이 지수함수임을 파악하기만 하면 크게 어려움이 없는 문제로 판단된다. 3학년에서 배우는 미적분을 이수한 수험생 입장에서는 충분히 해결가능하다고 판단된다.

#### (문제 3-2)

제시문에 나와있는 함수를 정적분하여 극한값을 구하는 문제다. 다만 다른 두 함수의 곱의 형태이므로 부분적분법을 활용하여 정적분 값을 계산해야 한다. 과정이 약간 복잡할 수는 있지만 그렇다고 해서 문

제풀이에 활용되는 개념은 미적분에서 이미 배웠던 개념을 활용하므로 푸는 과정에서 침착함만 유지한다면 해결하는데 큰 어려움은 없는 수준이다.

정적분을 구한 후에 다시 함수의 극한 과정을 통해서 최종 답을 구해야 한다.  $\lim_{x \rightarrow \infty} x^2 e^{-x} = 0$ 를 제시함

으로 인해  $\lim_{x \rightarrow \infty} x e^{-x} = 0$  임을 충분히 유추할 수 있다. 이 과정에서 고등학교 교육과정을 벗어나는 개념을 활용할 필요는 없다.

**(문제 3-3)**

다항함수와 지수함수의 곱의 형태인 함수의 변곡점을 구하는 문제이다. 이계도함수와 변곡점의 개념, 그리고 곱의 미분을 할 수 있다면 해결하는데 큰 어려움은 없는 수준의 문제이다.

$f''(t)$ 의 부호를 계산하는 과정이 복잡할 수는 있지만 계산력을 측정하는 문항으로 본다면 해결가능하다고 판단된다.

[문항카드 6]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

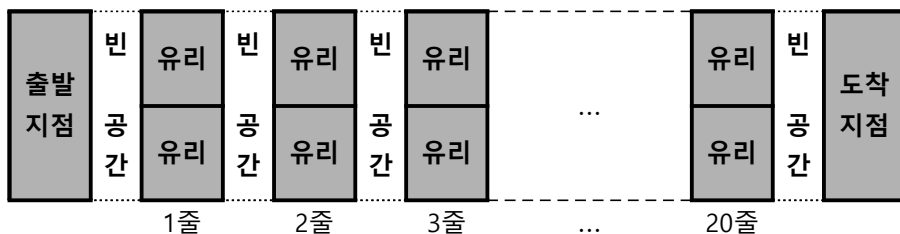
1. 일반정보

유형	☑ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	창의인재(의예과) / 문제 1-1, 1-2, 1-3	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 확률과 통계, 미적분
	핵심개념 및 용어	등차수열, 이항분포, 부정적분과 정적분
예상 소요 시간	35분/전체60분	

2. 문항 및 제시문

【문제 1】 아래의 제시문을 읽고 문항별로 풀이와 함께 답하시오.(35점)

- (가) 징검다리 건너기 게임은 모든 참가자가 출발지점에서 시작하여 정해진 순서대로 징검다리를 건너서 도착지점까지 가는 게임이다.



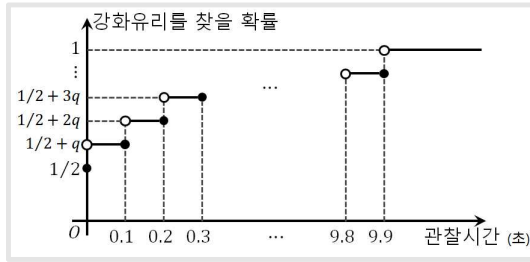
- (나) 위 그림과 같이 징검다리는 빈 공간을 사이에 둔 20줄, 2칸짜리 유리발판으로 만들어졌으며, 출발지점 및 도착지점과 유리발판 사이에도 빈 공간이 있다. 한 줄의 유리발판은 강화유리와 일반유리가 임의로 하나씩 총 2칸으로 이루어져 있다.
- (다) 참가자는 정해진 순서대로 빈 공간을 뛰어 넘어서 다음 줄의 유리발판 2칸 중 한 곳으로 점프하여 이동한다. 이 때, 참가자는 한 번에 한 개의 빈 공간만 뛰어 넘을 수 있으며, 참가자들은 다음 줄의 2칸의 유리발판 중 어느 것이 강화유리인지 일반유리인지 모른다.
- (라) 출발지점과 도착지점은 튼튼한 바닥이어서 모든 참가자가 올라가도 무너지지 않는다. 강화유리는 한 사람이 올라가도 깨지지 않으며, 한 사람이 점프하고 착지할 때에도 깨지지 않는다. 일반유리는 한 사람만 올라가도 깨지며, 이 경우 그 사람은 탈락된다.
- (마) 한 사람이 어느 줄의 강화유리에 서 있는 경우, 그 사람의 모든 뒷사람들은 그 줄의 유리발판 중 어느 칸이 강화유리인지 안다. 또한, 한 사람이 어느 줄의 일반유리로 건너뛰어 일반유리가 깨지는 경우, 그 줄에는 강화유리만 남게 되어 그 사람의 모든 뒷사람들은 그 줄의 유리발판 중 어느 것이 강화유리인지 알게 된다.
- (바) 단순한 점프 실패, 어느 칸이 강화유리인지 알면서도 실수로 일반유리 밟기, 참가자들간 불화 등 다른 변수를 제외하고 모든 참가자가 규칙을 지키며 정해진 순서대로 게임을

진행한다.

(사) 이 게임의 참가자 수는 18명이고, 징검다리 줄의 수가 20줄이다.

[문제 1-1] 강화유리와 일반유리를 구분하여 강화유리를 찾을 확률이  $3/4$ 이라고 할 때, 마지막 참가자가 생존할 확률은  $1 - \frac{a}{2^{40}}$ 이다. 이 때, 상수  $a$ 의 값을 구하시오. (10점)

[문제 1-2] 전체 다리를 건너는 제한시간이 112초로 주어졌고 한 줄의 징검다리를 건너 뛰는 데 걸리는 시간이 2초이다. 출발한 참가자들은 동시에 유리를 관찰하여 쪽 그래프와 같이 간이가 0.1초 증가할 수이다. 전체 참가자로 탈락하였을 때,



14, 15, 16번째 사람만 생존할 확률이  $\frac{2^{b_1} \cdot 3^{b_2} \cdot 5^{b_3} \cdot 7^{b_4} \cdot 11^{b_5} \cdot 13^{b_6} \cdot 17^{b_7} \cdot 19^{b_8}}{10^{20}}$ 이다. 이 때,

$b_1 - \sum_{j=2}^8 b_j$ 의 값을 구하시오. (단, 게임이 진행되는 중 유리를 관찰하는 시간은 바뀌지 않으며,  $b_i$ 는 음이 아닌 정수이다. ( $i = 1, 2, \dots, 8$ )) (15점)

[문제 1-3] 징검다리 건너기 게임 참가자가 강화유리와 일반유리를 구분할 확률은 유리를 관찰하는 시간  $t \geq 0$ 에 따라 달라지는 연속 함수  $f(t)$ 이다. 이 때, 다음 조건을 만족시키는  $f(t)$ 를 구하시오. (10점)

- (가) 참가자가 고민없이 0초만에 강화유리와 일반유리를 구분할 확률은  $1/2$ 이다.
- (나)  $f(t) = 1$ 을 만족시키는  $t$  값 중 가장 작은 값을  $t^*$ 라고 하자.
- (다)  $x \leq t^*$ 와 어떤 상수  $a$ 에 대해서  $\int_a^x f(t)dt = -\frac{\sin x + \cos x}{2}e^x + f(x)$ 가 성립한다.
- (라)  $x > t^*$ 에 대해서  $f(x) = 1$ 이다.

### 3. 출제 의도

이항급수에 대한 이해도 및 등차수열과 적분에 대한 지식과 그 응용력을 측정하고자 하였다.

#### 4. 출제 근거

##### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호[별책8] "수학과 교육과정"
	수학 I Ⅲ.수열 1.등차수열과 등비수열 확률과통계 Ⅲ.통계 1.확률분포 미적분 Ⅲ.적분법 1.여러가지 적분법
성취기준	[12수학 I 03-02] 등차수열의 뜻을 알고, 일반항, 첫째항부터 제 $n$ 항까지의 합을 구할 수 있다. [12확통03-03] 이항분포의 뜻을 알고, 평균과 표준편차를 구할 수 있다. [12미적03-03] 여러 가지 함수의 부정적분과 정적분을 구할 수 있다.

##### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	이준열	천재교육	2020	124-129
	확률과 통계	배종숙	금성출판사	2020	107-111
	미적분	황선옥	미래엔	2020	151-154

#### 5. 문항 해설

(문제 1-1) 이항급수로부터  $i$ 번째 사람이 생존할 확률을 구하고 이항급수의 성질을 이용하여 확률을 계산한다.

(문제 1-2) 등차수열을 이용하여 상수  $q$  값을 구하고,  $q$  값과 17번째 사람이 시간 초과로 탈락하게 되는 시간으로부터 강화유리를 찾을 확률  $p$ 를 구한다. 상수  $p$  값과 이항급수로부터 13번째 사람이 탈락하고 14번째 사람이 생존할 확률을 구하고 이항급수의 성질을 이용하여 확률을 계산한다.

(문제 1-3) 주어진 식을 미분하여  $f(x)-f'(x)$ 의 조건을 찾고,  $g(x)=e^{-x}f(x)$ 을 미분하여 얻은 식과  $f(x)-f'(x)$ 의 조건으로부터  $f(x)$ 의 부정적분을 구한다. 마지막으로  $f(0)=1/2$ 을 대입하여 적분상수를 구하여 함수  $f(t)$ 를 구한다.

#### 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10
1-2	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	15
1-3	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10

## 7. 예시 답안

(문제 1-1) 건너야 할 유리줄의 개수를  $m$ , 강화유리를 찾을 확률을  $p$ 라고 하면, 1번째 사람이 생존할 확률은  $p^m$ 이다. 2번째 사람이 생존할 확률은  $p^m + {}_m C_1 p^{m-1} (1-p)^1$ 이다. 3번째 사람이 생존할 확률은  $p^m + {}_m C_1 p^{m-1} (1-p)^1 + {}_m C_2 p^{m-2} (1-p)^2$ 이다. 이를 통해  $i$ 번째 사람이 생존할 확률  $\sum_{r=0}^{i-1} {}_m C_r p^{m-r} (1-p)^r$ 를 구한다. 따라서, 20개의 징검다리에서 마지막 참가자인 18번째 사람이 생존할 확률은

$$\sum_{r=0}^{17} {}_{20} C_r (3/4)^{20-r} (1/4)^r$$

이고 이를 계산하면

$$\begin{aligned} \sum_{r=0}^{17} {}_{20} C_r (3/4)^{20-r} (1/4)^r &= 1 - (1/4^{20}) \sum_{r=18}^{20} {}_{20} C_r 3^{20-r} \\ &= 1 - ({}_{20} C_2 3^2 + {}_{20} C_1 3^1 + {}_{20} C_0 3^0) / 4^{20} \\ &= 1 - \frac{1771}{2^{40}} \end{aligned}$$

이다. 그러므로 정답은 1771이다.

(문제 1-2) 먼저 그래프를 통해  $q$ 값을 구하자. 관찰 시간이 0.1초 늘어날 때마다 강화유리를 찾을 확률이  $q$ 만큼 증가하므로 관찰시간이 9.9초보다 클때 강화유리를 찾을 확률은  $1/2 + 100q = 1$ 이다. 따라서  $q = 1/200$ 이다.

$i$ 번째 사람이 목적지에 도달하는 시간을  $T_i$ , 한 줄의 징검다리를 건너 뛰는데 걸리는 시간을  $k$

초라고 하자. 그러면,  $T_i$ 는  $m$ 개의 유리줄을 관찰하는 시간  $mt$ ,  $i$ 번째 사람이  $m$ 개의 징검다리를 건너 도착지에 도착하는데 걸리는 시간  $(m+1)k$ , 그리고  $i$ 번째 사람의 앞 사람들  $i-1$ 명이 징검다리를 건너는데 필요한 시간  $(i-1)k$ 의 합이다. 즉,

$$T_i = mt + (m+1)k + (i-1)k$$

전체 참가자 중 17번째 사람이 시간 초과로 탈락하였고 16번째 사람은 통과하였으므로

$T_{16} \leq 112$ ,  $T_{17} > 112$ 이다.  $t$ 의 범위는  $1.9 < t \leq 2$ 이다. 이 범위의 시간에서 강화유리를 찾을 확률은  $1/2 + 20q = 1/2 + 20/200 = 0.6$ 이다.

17번째 사람이 시간 초과로 탈락하는 경우에 강화유리를 찾을 확률  $p=0.6$ 을 사용하자. 14, 15, 16번째 사람이 생존할 확률은 13번째 사람이 탈락하고 14번째 사람이 생존할 확률을 계산하면 된다. 13번째 사람이 탈락하고 14번째 사람이 생존할 확률은 20개의 강화유리 중 13개는 구분하기에 실패하고 나머지 7개는 성공해야하는 확률이므로 그 값은  ${}_{20}C_{13}0.6^7 0.4^{13}$ 이다. 이를 계산하면 아래와 같다.

$${}_{20}C_{13}0.6^7 0.4^{13} = \frac{2^{37} \cdot 3^8 \cdot 5^1 \cdot 17^1 \cdot 19^1}{10^{20}}$$

그러므로  $b_1=37$ ,  $b_2=8$ ,  $b_3=1$ ,  $b_4=b_5=b_6=0$ ,  $b_7=1$ ,  $b_8=1$ 이다. 따라서 답은 26 ( $=37-8-1-1-1$ )이다.

(문제 1-3) 주어진 조건 (다)에 있는 식  $\int_a^x f(t)dt = -\frac{\sin x + \cos x}{2}e^x + f(x)$ 을 미분하면

$$f(x) = -\frac{\cos x - \sin x}{2}e^x - \frac{\sin x + \cos x}{2}e^x + f'(x) = -e^x \cos x + f'(x)$$

$$\Rightarrow f(x) - f'(x) = -e^x \cos x \Rightarrow e^{-x}(f(x) - f'(x)) = -\cos x$$

여기에서  $g(x) = e^{-x}f(x)$ 라고 하자. 그리고  $g(x)$ 를 미분하면,

$$g'(x) = -e^{-x}f(x) + e^{-x}f'(x) = -e^{-x}(f(x) - f'(x)) = \cos x$$

이므로  $g(x) = \sin x + C$ ,  $C$ 는 적분상수이다. 따라서  $f(x)$ 를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$f(x) = e^x(\sin x + C)$$

적분상수  $C$ 를 정하기 위해 주어진 조건 (가)를 사용하자. 조건 (가)에 의해서  $f(0) = 1/2$ 이다. 따라서,  $f(0) = 1 \cdot (0 + C) = 1/2$ 이므로  $C = 1/2$ 이다.

위의 계산 결과와 주어진 조건 (나)와 (라)에 의해서 함수  $f(t)$ 는 다음과 같다.

$$f(t) = \begin{cases} e^t(\sin t + 1/2), & t \leq t^* \text{인 경우} \\ 1, & t > t^* \text{인 경우} \end{cases}$$

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 수학문제1에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A/B교사)

#### (문제 1-1)

이항정리를 이해하고, 이항분포로 확률을 해석하는 문제이다.  $\Sigma$ 를 이용하여 문제의 조건에 맞는 식을 세우고,  $\Sigma$ 의 성질을 이용하여 세부계산을 마무리한다면 충분히 풀 수 있는 문항이다. 수학 I, 확률과통계의 교육과정을 기반으로 출제되었고, 적절한 수준의 난이도를 갖추고 있어 사고력을 갖춘 학생이라면 해결할 수 있다.

#### (문제 1-2)

등차수열의 일반항을 이용하여 미지수  $q$ 를 먼저 구하는 문제이다. 수열의 일반항으로  $T_i$ 를 유도하고, 부등식을 만든 후,  $t$ 값을 구하여 강화유리를 찾을 확률을 구할 수 있다. 이항정리의 일반항 개념을 적용하여 정답을 구하는 풀이과정을 마무리할 수 있다. 이해력과 문제해결력을 요구하는 문항으로 수학 I, 확률의 교육과정을 잘 이해한 학생이라면 해결할 수 있다.

#### (문제 1-3)

미분과 적분에 관한 다양한 개념을 모두 이해하고 있는지를 평가할 수 있는 문항이다. 곱의 미분, 지수함수의 미분, 삼각함수의 미분을 이용하여 조건식을 미분하고, 부분적분과 부정적분을 통해  $p(x)$ 를 구하는 과정이 필요하다. 삼각함수의 적분, 적분상수  $c$ 를 이해해야 정확한  $p(x)$ 를 찾을 수 있고,  $t$ 의 범위에 따라 함수식을 정리하는 마무리 과정을 통해 정답을 구할 수 있다. 수학II, 미적분의 교육과정을 기반으로 출제되었고, 정확한 이해력과 계산을 요구하는 변별력을 갖춘 문항이다.

### 2. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### (문제 1-1)

강화유리를 찾을 확률을 정하고 각각의 사람들이 생존할 확률에 대하여 이항정리를 이해하고 이항분포로 확률을 해석하는 문제로  $\Sigma$ 를 이용하여 문제의 조건에 맞는 식을 세워 이항정리의 성질을 활용한다면 충분히 해결할 수 있는 문제로 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

#### (문제 1-2)

등차수열의 일반항을 이용하여 미지수  $q$ 의 값을 찾고,  $i$ 번째 사람이 목적지에 도달하는 시간을  $T_i$ 라 놓고 수열의 일반항으로  $T_i$ 를 유도하고 부등식을 활용하여 강화유리를 찾을 확률을 찾고 문제 조건에 맞는 상황을 이해하고 이를 논리적으로 해석할 수 있다면 충분히 해결 가능하므로 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

#### (문제 1-3)

미분과 적분의 다양한 개념을 모두 이해하고 적용해야만 하는 문제로 상황에 맞는 적분법과 부정적분을 활용할 수 있다면 충분히 해결가능한 문제로 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

[문항카드 7]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(수학) / 문제 2-1, 2-2, 2-3	
출제 범위	교육과정 과목명	수학 I, 수학 II, 미적분
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 미분계수, 부분적분법
예상 소요 시간	25분/60분	

2. 문항 및 제시문

【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 문항별로 풀이와 함께 답하시오. (25점)

(가) 함수  $f(x)$ 의 정의역은  $\{x \mid x \geq 0\}$ 이고, 아래와 같이  $f(x)$ 를 정의한다.

$$f(x) = \cos(\pi x)$$

(나) 함수  $h(x)$ 의 정의역은  $\{x \mid 0 \leq x \leq 1\}$ 이고, 다음 집합  $S$ 의 원소의 개수로  $h(x)$ 를 정의한다.

$$S = \left\{ y \mid f'(x) = \frac{f(x) - f(y)}{x - y}, y \text{는 } x \text{보다 큰 실수} \right\}$$

【문제 2-1】  $\lim_{x \rightarrow a^-} h(x) \neq h(a)$ 이고  $\lim_{x \rightarrow a^+} h(x) = h(a)$ 인 상수  $a$ 의 값을 모두 구하시오. (10점)

【문제 2-2】  $0 \leq x \leq 1$ 에 대해서  $h(x) = 0$ 인  $x$ 의 범위가  $[u, v]$ 일 때,  $[u, v]$ 에서 정의된 함수

$$p(x) = ke^x f(x) \text{가 확률밀도함수가 되도록 하는 상수 } k \text{의 값을 구하시오. (5점)}$$

【문제 2-3】 실수  $b$ 에 대하여,  $b$ 가  $h(b) = 8$ 를 만족시킬 때,  $b\pi + \cot(b\pi)$ 의 값을 구하시오. (10점)

3. 출제 의도

미분계수와 평균변화율의 관계에 대한 이해도 및 코사인함수의 그래프에 대한 지식과 그 응용력을 측정하고자 하였으며 확률밀도함수의 정의와 부분적분법을 활용 능력을 측정하고자 하였다.

#### 4. 출제 근거

##### 1. 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-236호[별책8] “수학과 교육과정”  수학 I    Ⅱ.수열    1.삼각함수의 뜻과 그래프 수학Ⅱ   Ⅱ.미분    1.미분계수와 도함수 미적분   Ⅲ.적분법   1.여러가지 적분법
성취기준	[12수학 I 02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. [12수학Ⅱ 02-01] 미분계수의 뜻을 알고, 그 값을 구할 수 있다. [12미적03-02] 부분적분법을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.

##### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	이준열	천재교육	2020	82-92
	수학Ⅱ	이준열	천재교육	2020	53-58
	미적분	황선욱	미래엔	2020	151-154

#### 5. 문항 해설

(문제 2-1)  $h(x)$ 는 점  $(x, f(x))$ 에서 함수  $f(x)$ 에 접하는 직선이 함수  $f(x)$ 와 만나는 점의 개수이다.  $x=0$ 인 경우  $h(x)$ 는 무한대,  $0 < x < 1/2$ 인 경우  $h(x)$ 는 유한한 값,  $x=1/2$ 인 경우  $h(1/2)=0$ ,  $x=1$ 인 경우  $h(1)=0$ 이다. 특별히  $0 < x < 1/2$ 인 경우에 접선이  $(x, f(x))$  이외의 점에서  $f(x)$ 와 접하는 경우 전체 만나는 점의 개수는 짝수개이며 접선이  $(x, f(x))$  이외의 점에서  $f(x)$ 와 접하지 않는 경우 전체 만나는 점의 개수는 홀수개이다. 이를 종합하여 그래프로 나타내면 좌극한이 불연속이며 우극한이 연속인 점은  $1/2$ 이 유일하다.

(문제 2-2)  $h(x)$ 의 그래프로부터  $h(x)=0$ 인  $x$ 의 범위는  $[1/2, 1]$ 이다. 구간  $[1/2, 1]$ 에서  $p(x)$ 가 확률밀도함수이므로 구간  $[1/2, 1]$ 에서  $p(x) = ke^x f(x)$ 를 적분한 값이 1이어야 한다. 부분적분을 두 번 적용하여  $k$  값을 구한다.

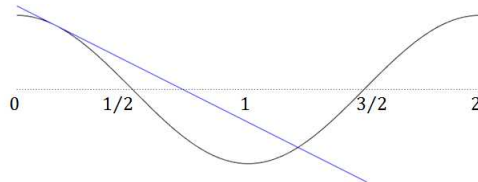
(문제 2-3)  $h(b)=8$ 이므로 점  $(b, f(b))$ 에서의 접선이  $(b, f(b))$  이외의 점  $(c, f(c))$ 에서  $f(x)$ 와 접한다. 이 경우 코사인 함수  $f(x) = \cos(\pi x)$ 와 접선의 그래프로부터  $f'(b) = f'(c)$ ,  $c = 9 - b$ 이고, 두 점  $(b, f(b))$ ,  $(c, f(c))$ 사이의 평균변화율과 점  $(b, f(b))$ 에서의 순간변화율이 같다는 식을 계산하여  $b\pi + \cot(b\pi) = 9\pi/2$ 를 구한다.

## 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10
2-2	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	5
2-3	(상) 문제해결 방향과 계산이 명확하고 옳게 답을 구한 경우 (중상) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 사소한 실수가 있는 경우 (중하) 문제해결 방향을 맞게 설정했지만 계산에 중요한 실수가 있거나 계산을 끝까지 마치지 못한 경우 (하) 잘못된 방향설정으로 답을 구하지 못한 경우	10

## 7. 예시 답안

(문제 2-1) 제시문 (나)에 의해서  $h(x)$ 는 점  $(x, f(x))$ 에서 함수  $f(x)$ 에 접하는 직선이 함수  $f(x)$ 와 만나는 점의 개수이다.



$x=0$ 인 경우, 접선은  $x$ 축에 평행하며 함수  $f(x)$ 와 무수히 많은 점 ( $x=2, 4, 6, \dots$ )에서 만난다.  $x$ 의 값이 점점 커지며  $1/2$ 에 가까워질수록 접선의 기울기는 점점 작아지며 (기울기는 음수) 함수  $f(x)$ 와 만나는 점의 개수도 점점 작아진다.

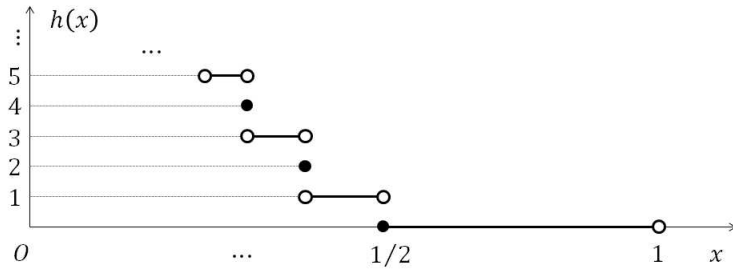
$0 < x < 1/2$ 인 경우, 접선은 함수  $f(x)$ 와 유한개의 점에서 만난다. 여기에서 접선이  $(x, f(x))$  이외의 점에서  $f(x)$ 와 접하는 경우 전체 만나는 점의 개수는 짝수개이며 접선이  $(x, f(x))$  이외의 점에서  $f(x)$ 와 접하지 않는 경우 전체 만나는 점의 개수는 홀수개이다.

$x=1/2$ 인 경우를 보면, 점  $(1/2, 0)$ 에서 함수  $f(x)$ 에 접하는 직선은 함수  $f(x)$ 와 접점 외에 만나는 점이 없다. 그러므로  $h(1/2)=0$ 이다.

$x=1$ 인 경우, 접선은  $x$ 축에 평행하며 함수  $f(x)$ 와 무수히 많은 점 ( $x=3, 5, 7, \dots$ )에서 만난다.  $x$ 의 값이 점점 작아지며  $1/2$ 에 가까워지는 경우, 접선의 기울기는 점점 작아지며 (기울기는

음수) 함수  $f(x)$ 와 만나는 점의 개수는 0개이다.

그러므로  $h(x)$ 를 그래프로 나타내면 아래와 같다.



좌극한이 불연속이며 우극한이 연속인 점은  $1/2$ 이 유일하다.

(문제 2-2) 함수  $h(x)$ 의 그래프로부터  $h(x)=0$ 인  $x$ 의 범위  $[1/2, 1]$ 를 구한다. 구간  $[1/2, 1]$ 에서  $p(x)=ke^x f(x)$ 가 확률밀도함수가 되기 위해서 다음을 만족해야한다.

$$\int_{1/2}^1 ke^x \cos(\pi x) dx = 1$$

부분적분을 사용하여  $I = \int_{1/2}^1 e^x \cos(\pi x) dx$ 을 적분하면

$$\begin{aligned} I &= \int_{1/2}^1 e^x \cos(\pi x) dx = [e^x \cos(\pi x)]_{1/2}^1 - \int_{1/2}^1 (-\pi) e^x \sin(\pi x) dx \\ &= (-e) + \pi \left( [e^x \sin(\pi x)]_{1/2}^1 - \int_{1/2}^1 \pi e^x \cos(\pi x) dx \right) \\ &= -e - \pi \sqrt{e} - \pi^2 \int_{1/2}^1 e^x \cos(\pi x) dx = -e - \pi \sqrt{e} - \pi^2 I \end{aligned}$$

그러므로  $I = -\frac{e + \pi \sqrt{e}}{1 + \pi^2}$ 이고, 문제의 조건  $\int_{1/2}^1 e^x \cos(\pi x) dx = \frac{1}{k}$ 에 의해서  $k = -\frac{1 + \pi^2}{e + \pi \sqrt{e}}$ 이다.

(문제 2-3)  $b$ 가  $h(b)=8$ 를 만족시키므로 점  $(b, f(b))$ 에서의 접선이  $(b, f(b))$  이외의 점  $(c, f(c))$ 에서  $f(x)$ 와 접한다. ( $c > b$ ) 이 경우 코사인 함수  $f(x) = \cos(\pi x)$ 와 접선의 그래프로부터  $f'(b) = f'(c)$ ,  $c = 9 - b$ 임을 알 수 있다.

두 점  $(b, f(b))$ ,  $(c, f(c))$ 사이의 평균변화율과 점  $(b, f(b))$ 에서의 순간변화율이 같으므로

$$\frac{\cos(b\pi) - \cos(c\pi)}{b - c} = -\pi \sin(b\pi)$$

이고,  $\cos(c\pi) = -\cos(b\pi)$ 와  $c = 9 - b$ 를 대입하면

$$\begin{aligned} \frac{2\cos(b\pi)}{2b - 9} &= -\pi \sin(b\pi) \Rightarrow \frac{\cos(b\pi)}{\sin(b\pi)} = -\pi \frac{2b - 9}{2} \\ \Rightarrow \cot(b\pi) &= -\pi(b - 9/2) \Rightarrow b\pi + \cot(b\pi) = 9\pi/2 \end{aligned}$$

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 수학문제2에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A/B교사)

#### (문제 2-1)

$f(x)$ 의 그래프 개형을 구하기 위해 삼각함수의 그래프와 주기를 알아야 풀이를 시작할 수 있다.  $h(x)$ 가 평균변화율과 순간변화율이 일치하는 점의 개수라는 것의 해석을 요구한다. 접선의 기울기가 변화되는 과정에서  $h(x)$ 값이 어떻게 변화되는지 찾는 과정을 요구한다.  $h(x)$ 의 그래프를 구하기 위해 연속함수의 개념을 이해해야 하고, 좌극한, 우극한을 이용하여 문제의 조건을 해석하여 답을 찾는 마무리 과정이 필요하다. 수학 I, 수학 II의 교육과정을 기반으로 출제되었고, 삼각함수, 미분계수, 함수의 연속과 극한에 대해 모두 알고 있어야 해결할 수 있는 난이도를 갖추고 있다.

#### (문제 2-2)

2-1에서  $h(x)$ 의 그래프를 정확히 구했다면 적분구간  $[\frac{1}{2}, 1]$ 을 찾아내어 풀이를 시작할 수 있다. 확률밀도함수의 개념과 성질을 정확히 이해해야 최초 식을 세울 수 있다. 지수함수, 삼각함수의 미적분을 기본적으로 알고 있어야 하며, 적분값을  $I$ 로 치환할 줄 알고, 부분적분법을 사용할 수 있어야 한다. 미적분, 확률과 통계의 교육과정을 기반으로 출제되었고, 적분에 관한 개념을 정확히 이해하고 있는지 평가할 수 있는 문항이다.

#### (문제 2-3)

2-1에서 구한  $h(x)$ 값의 변화를 이해해야 풀이를 시작할 수 있다. 코사인함수의 그래프개형과 규칙성을 알고 있어야 두 점점의  $x$ 값  $b, c$ 의 관계식이  $c = 9 - b$ 임을 찾아낼 수 있고, 이 식을 구하기 위해 높은 이해력과 해석력을 요구한다. 수학 I, 수학 II, 미적분의 교육과정을 기반으로 출제되었고, 삼각함수의 특징에 관해 깊이 있게 이해하고 있는지를 평가할 수 있는 문항이다.

### 2. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### (문제 2-1)

함수  $f(x)$ 의 그래프의 개형과 함수  $h(x)$ 가 평균변화율과 순간변화율이 일치하는 점의 개수라는 것을 해석할 것을 요구하고 있다. 그리고  $h(x)$ 의 그래프를 구하기 위하여 연속함수의 성질과 극한의 개념을 활용하여 구간에 따른 점의 개수를 찾아 그래프를 구하는 문제로 논리적인 추론이 요구되지만 충분히 해결가능한 수준의 문제로 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

#### (문제 2-2)

2-1의 문제를 활용하여  $h(x) = 0$ 인  $x$ 의 범위가  $[\frac{1}{2}, 1]$ 임을 찾을 수 있다면 확률밀도함수의 개념과 성질을 활용하여 문제에서 요구하는 식을 정확하게 구할 수 있을 것이다. 지수함수와 삼각함수의 곱으로 이루어진 함수의 적분은 적분값을  $I$ 로 치환하여 두 번 부분적분을 해야만 구할 수 있다는 점만 유의한다면 충분히 해결 가능한 문제이므로 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

#### (문제 2-3)

2-1에서 구한 함수  $h(x)$ 의 그래프의 변화와 코사인함수의 그래프의 개형과 규칙성을 통하여 두 점점의  $x$ 의 값  $b, c$ 의 관계식이  $c = 9 - b$ 임을 파악해야 하는 높은 이해력과 논리력을 요구하는 난이도가 조금 있는 문제이지만 고등학교 정규교육과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 적절한 수준의 문제라고 판단된다.

[문항카드 8]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(물리학)/1-1, 1-2, 2-1, 2-2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학
	핵심개념 및 용어	뉴턴 운동 제2법칙, 운동량 보존, 역학적 에너지 보존, 구심력, 에너지 준위, 에너지띠, 전기 전도성
예상 소요 시간	60분	

2. 문항 및 제시문

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(30점)

가) 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 그 물체가 가속된다. 그 가속도  $a$ 는 물체에 작용하는 알짜힘  $F$ 에 비례하고 질량  $m$ 에 반비례한다. 이를 수식으로 나타내면  $F=ma$ 이다. 이것을 뉴턴 운동 제2법칙이라고 한다.

(나) 운동하는 물체의 질량( $m$ )과 속도( $v$ )에 비례하는 물리량을 운동량( $p$ )이라 하고, 물체의 질량과 속도의 곱( $p=mv$ )으로 나타낸다. 여러 물체 사이에 다양한 상호작용이 발생해도 외력이 작용하지 않으면 운동량의 합은 항상 보존이 되며 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.

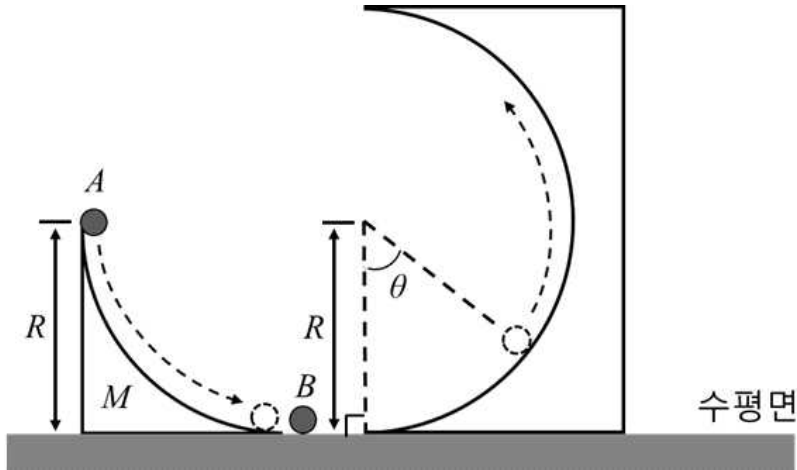
(다) 에너지는 일을 할 수 있는 능력을 의미하며 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지, 열에너지 등 다양한 형태로 자연계에 존재한다. 물체가 운동함으로써 운동 에너지를 가지며, 물체의 위치가 달라짐으로써 퍼텐셜 에너지가 달라진다. 역학적 에너지는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합으로 정의된다. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지는 운동하는 동안 서로 전환된다. 그러나 마찰이나 공기 저항을 받지 않는다면 그 합, 즉 역학적 에너지는 늘 일정하다. 이것을 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.

(라) 물체가 원운동을 할 때 원의 중심방향으로 구심 가속도가 생긴다. 원운동을 하고 있는 물체에 작용하는 원의 중심을 향한 이 힘을 구심력이라고 부른다. 뉴턴 운동 제2법칙에 따르면, 가속도는 물체에 가해지는 힘과 같은 방향으로 작용한다. 따라서 구심력의 방향은 구심 가속도의 방향과 같고, 구심력의 크기  $F$ 는 뉴턴 운동 제2법칙에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F=m\frac{v^2}{r}, \quad (m \text{ 은 원운동 하는 물체의 질량, } r \text{ 은 원운동의 반지름, } v \text{ 는 속도})$$

※ 아래 문제에서 중력가속도는  $g$  이고, 공기의 저항과 모든 마찰은 무시한다. 물체 A와 B는 회전하지 않으며 크기는 무시한다. 또한 모든 충돌 전/후 운동 에너지는 보존된다.

[문제 1-1] <그림 1>과 같이 정지해 있던 질량이  $m$  인 물체 A가 중력에 의해 반지름이  $R$ 인 구형 면을 따라 미끄러져 내려와, 수평면에 정지해 있는 물체 B와 정면으로 충돌한다. 그 이후 물체 B가 다시 반지름  $R$ 인 구형 면을 따라 올라갈 때,  $\theta$ 가  $180^\circ$ 가 되는 곳까지 올라가기 위한 B의 질량의 범위를 구하라. (단, 구형인 면을 가지는 두 물체는 수평면에 고정되어 있다.) (15점)



<그림 1>

[문제 1-2] <그림 1>에서 질량이  $M$ 인 구형인 면을 가지는 물체는 수평면과 마찰이 없이 자유롭게 움직일 수 있다. 정지해 있던 질량이  $m$ 인 물체 A가 중력에 의해 질량이  $M$ 이고 반지름이  $R$ 인 구형 면을 따라 미끄러져 내려와, 수평면에 정지해 있는 물체 B와 정면으로 충돌한다. 그 후 B가 반지름  $R$ 인 구형 면을 따라 올라갈 때,  $\theta$ 가  $180^\circ$ 가 되는 곳까지 올라가기 위한 질량  $M$ 의 범위를 구하라. (단, 오른쪽 구형인 면을 가지는 물체는 수평면에 고정되어 있다.) (15점)

**【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(10점)**

(가) 1918년 보어는 원자의 선 스펙트럼 현상을 설명하기 위해 새로운 원자 모형을 제시하였다. 보어가 제시한 원자 모형은 원자의 중심부에는 원자핵이 있고 그 주위를 전자가 궤도 운동 하는 것이다. 단, 전자는 원자핵 주위의 아무 곳이나 존재하는 것이 아니라, 특정한 에너지 상태를 가진 궤도에만 존재한다. 이 모형에 따르면 원자 내의 전자는 특정한 조건을 만족시키는 궤도만 허용되고, 이 궤도를 따라 운동할 때에는 전자기파를 방출하지 않으며, 전자가 한 궤도에서 다른 궤도로 옮길 때에만 그 차이에 해당하는 에너지를 광자로 방출하거나 흡수한다. 이처럼 전자는 불연속적인 에너지만을 가질 수 있는데 이를 전자의 에너지가 양자화되었다고 하며, 이때의 에너지 상태를 **에너지 준위**라고 한다.

(나) 고체는 이루고 있는 물질에 따라 전기가 잘 흐르는 것도 있고 잘 흐르지 못하는 것도 있다. 전류가 잘 통하는 정도인 전기 전도성에 따라 도체, 절연체, 반도체로 나눈다. 이처럼 고체 물질들이 다른 전기적 특성을 띠는 까닭을 에너지띠 구조로 설명할 수 있다.

(다) 고체 내의 전자들은 에너지띠가 있는 영역의 에너지 준위에만 존재할 수 있으며, 에너지띠가 없는 영역에서는 존재할 수 없다. 이처럼 전자가 존재할 수 없는 영역을 띠 간격이라고 한다. 물질마다 이러한 띠 간격이 다르게 나타나며, 이 차이에 따라 물질의 전기 전도성이 달라진다. 원자 내부의 전자들은 허용된 띠의 에너지가 낮은 준위부터 채워져 나간다. 전자가 채워져 있는 에너지띠 중에서 원자핵과 가장 멀리 떨어져 원자의 가장 바깥쪽에 해당하는 에너지띠를 원자가 띠라고 하고, 원자가 띠 위에 비어 있는 에너지띠를 전도띠라고 한다.

**【문제 2-1】** 기체 원자의 에너지 준위와 고체 원자의 에너지 준위 분포가 어떻게 다른지 서술하고, 그 이유를 구체적으로 설명하시오. **(4점)**

**【문제 2-2】** 도체, 절연체, 반도체의 에너지띠 구조를 각 영역의 용어를 포함하여 그리고, 이를 이용하여 각각 물질의 전기 전도성을 설명하시오. **(6점)**

**3. 출제 의도**

문제 1. 뉴턴 운동 제2법칙을 이용하여 속도, 가속도, 구심력을 구하여 물체의 운동을 해석하는 문제이다. 역학적 에너지 보존 법칙, 운동량 보존 법칙을 이해하고 물체가 충돌 후 속도를 계산할 수 있는지 평가하는 문제이다.

문제 2. 기체 원자의 에너지 준위와 고체 원자의 에너지 준위 차이에 대해 이해하고, 에너지띠 이론으로 고체들의 전기 전도성 차이를 설명할 수 있는지 평가하는 문제이다.

#### 4. 문항 및 제시문의 출제 근거

##### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호[별책 9] “과학과 교육과정”	
관련 성취기준 (제시문)	문제 1	<p>[12물리Ⅰ01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ01-04] 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ01-06] 직선상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅱ01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.</p>
	문제 2	<p>[12물리Ⅰ02-01] 전자가 원자에 속박되어 있음을 전기력을 이용하여 정성적으로 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다.</p>
관련 성취기준 (하위문항)	문제 1-1	<p>[12물리Ⅰ01-04] 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ01-06] 직선상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅱ01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.</p>
	문제 1-2	<p>[12물리Ⅰ01-04] 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ01-06] 직선상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅱ01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.</p>
	문제 2-1	<p>[12물리Ⅰ02-01] 전자가 원자에 속박되어 있음을 전기력을 이용하여 정성적으로 설명할 수 있다.</p> <p>[12물리Ⅰ02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다.</p>
	문제 2-2	<p>[12물리Ⅰ02-03] 고체의 에너지띠 이론으로 도체, 반도체, 절연체 등의 차이를 구분하고, 여러 가지 고체의 전기 전도성을 비교하는 탐구를 수행할 수 있다.</p>

## 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	곽영직 외3	YBM	2020	25,31-35,48-55,104-120
	물리학 I	강남화 외5	천재교육	2020	22-24,37-41,45-48,91-106
	물리학 I	송진웅 외4	동아출판	2020	18-20,28-32,39-42,87-103
	물리학 I	이상연 외4	금성출판사	2019	20-22,30-31,44-45,90-98
	물리학II	김영민 외7	(주)교학사	2020	35-39, 71
	물리학II	손정우 외5	비상	2020	32-37
	물리학II	강남화 외5	천재교육	2020	34-38
	물리학II	김성진 외6	미래엔	2020	42-45
	물리학II	김성원 외5	지학사	2020	40-44

### 5. 문항 해설

(문제 1-1) 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 높은 곳에서 내려온 물체의 속도를 구하고, 운동량 보존 법칙을 이용하여 충돌 후 물체의 속도를 구한다. 다시 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 높은 위치에서 속도를 구하고, 그 속도를 이용하여 구한 구심력과 중력의 크기를 비교하는 문제이다. 역학적 에너지 보존 법칙, 운동량 보존 법칙, 구심력을 이해하고 적용하는 문제이다.

(문제 1-2) 역학적 에너지 보존 법칙과 운동량 보존 법칙을 이용하여 높은 곳에서 내려온 물체의 속도를 구하고, 운동량 보존 법칙을 이용하여 충돌 후 물체의 속도를 구한다. 다시 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 높은 위치에서 속도를 구하고, 그 속도를 이용하여 구한 구심력과 중력의 크기를 비교하는 문제이다. 역학적 에너지 보존 법칙, 운동량 보존 법칙, 구심력을 이해하고 적용하는 문제이다.

(문제 2-1) 고체/기체 원자 사이의 거리를 비교하고 에너지 준위가 모여 에너지띠가 이루게 된다는 것을 이해하고 설명하는 문제이다.

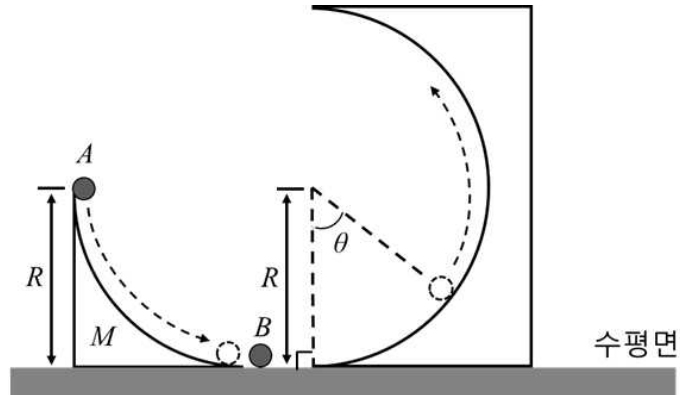
(문제 2-2) 고체(도체, 절연체, 반도체)의 에너지띠 구조를 이해하고 띠 간격에 크기에 따른 도체, 절연체, 반도체의 전도성을 설명하는 문제이다.

### 6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	역학적 에너지 보존 법칙, 운동량 보존 법칙, 구심력의 이해 여부.	15
1-2	역학적 에너지 보존 법칙, 운동량 보존 법칙, 구심력의 이해 여부.	15
2-1	기체 원자의 에너지 준위와 고체 원자의 에너지 준위 차이에 대한 이해 여부.	4
2-2	에너지띠 이론으로 고체들의 전기 전도성 차이를 설명할 수 있는지 여부.	6

## 7. 예시 답안 혹은 정답

(문제 1-1) [15점]



역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 수평면에서 물체 A의 속도를 구한다. (2점)

1) 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 수평면에서 질량이  $m$ 인 물체 A의 속도  $v_A$ 를 구한다.

$$mgR = \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_A = \sqrt{2gR}$$

운동량 보존 법칙과 운동 에너지 보존 법칙을 이용하여 충돌 후 물체 B의 속도  $v'_B$ 를 구한다. (7점)

2) 운동량 보존 법칙과 운동 에너지 보존 법칙을 이용하여 수평면에서 충돌 후 물체 B의 속도  $v'_B$ 를 구한다. 물체 B의 질량  $m_B = \alpha m$  이라고 한다. ( $\alpha > 0$ )

$$mv_A = mv'_A + \alpha mv'_B \quad \text{여기서 } v'_A \text{ 는 충돌 후 A의 속도}$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv'^2_A + \frac{1}{2}\alpha mv'^2_B$$

1)에서 구한  $v_A = \sqrt{2gR}$  와 앞에 두식을 연립해서 풀면

$$v'_B = \frac{2\sqrt{2gR}}{\alpha + 1} \text{를 구할 수 있다.}$$

역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여  $\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 물체 B의 속도의 제곱을 구한다. (3점)

3) 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여  $\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 질량이  $\alpha m$ 인 물체 B의 속도의 제곱  $v''^2_B$ 를 구한다.

$$\frac{1}{2}\alpha mv'^2_B = \frac{1}{2}\alpha mv''^2_B + \alpha mg2R$$

2)에서 구한  $v'_B = \frac{2\sqrt{2gR}}{\alpha+1}$ 를 대입해서 풀면

$$v''^2_B = \frac{8gR}{(\alpha+1)^2} - 4gR \text{를 구할 수 있다.}$$

=====

$\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 구심력과 중력을 비교하여 B의 질량 범위를 구한다. (3점)

=====

4)  $\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 구심력과 중력을 비교한다. 이 지점까지 물체 B가 올라가기 위해서는 구심력이 중력보다 크거나 같아야한다. 이를 이용하여 B의 질량 범위를 구한다.

$$\alpha m \frac{v''^2_B}{R} \geq \alpha mg, \quad \frac{v''^2_B}{R} \geq g$$

$$v''^2_B \geq gR$$

3)에서 구한  $v''^2_B = \frac{8gR}{(\alpha+1)^2} - 4gR$ 를 대입해서 풀면

$$\frac{8gR}{(\alpha+1)^2} - 4gR \geq gR, \quad \frac{8}{(\alpha+1)^2} \geq 5$$

$$\frac{8}{5} \geq (\alpha+1)^2, \quad \alpha+1 \leq \sqrt{\frac{8}{5}}, \quad \alpha \leq \sqrt{\frac{8}{5}} - 1$$

$$\therefore 0 < m_B \leq (\sqrt{\frac{8}{5}} - 1)m$$

(문제 1-2) [15점]

역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 수평면에서 물체 A의 속도를 구한다. (7점)

1) 질량  $M$ 의 속력을  $V$ , 질량  $m$ 인 A가 구면을 떠날 때의 속력을  $v_A$ 라고 하자.

$$\text{운동량 보존 : } mv_A = MV \Rightarrow V = \frac{m}{M} v_A$$

$$\text{역학적 에너지 보존 : } \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgR$$

위 두식을 이용하여 결과 도출

$$\frac{1}{2}M\left(\frac{m}{M}v_A\right)^2 + \frac{1}{2}mv_A^2 = mgR$$

$$\frac{1}{2}\frac{m(m+M)}{M}v_A^2 = mgR \Rightarrow$$

$$v_A^2 = 2gR\frac{M}{m+M} \quad \therefore v_A = \sqrt{2gR\frac{M}{m+M}}$$

운동량 보존 법칙과 운동 에너지 보존 법칙을 이용하여 충돌 후 물체 B의 속도  $v'_B$ 를 구한다. (2점)

2) 운동량 보존 법칙과 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여 수평면에서 충돌 후 물체 B의 속도  $v'_B$ 를 구한다. 물체 B의 질량  $m_B = \alpha m$  이라고 한다. ( $\alpha > 0$ )

$$mv_A = mv'_A + \alpha mv'_B \quad \text{여기서 } v'_A \text{ 는 충돌 후 A의 속도}$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv'^2_A + \frac{1}{2}\alpha mv'^2_B$$

1)에서 구한  $v_A = \sqrt{2gR\frac{M}{m+M}}$  와 앞에 두식을 연립해서 풀면

$$v'_B = \frac{2}{\alpha+1} \sqrt{2gR\frac{M}{m+M}} \text{ 를 구할 수 있다.}$$

역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여  $\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 물체 B의 속도의 제곱을 구한다. (2점)

3) 역학적 에너지 보존 법칙을 이용하여  $\theta = 180^\circ$ 인 지점에서 질량이  $\alpha m$ 인 물체 B의 속도의 제곱  $v''^2_B$ 를 구한다.

$$\frac{1}{2}\alpha mv'^2_B = \frac{1}{2}\alpha mv''^2_B + \alpha mg2R$$

2)에서 구한  $v'_B = \frac{2}{\alpha+1} \sqrt{2gR \frac{M}{m+M}}$  를 대입해서 풀면

$$v''^2_B = \frac{8gR}{(\alpha+1)^2} \left( \frac{M}{m+M} \right) - 4gR \text{를 구할 수 있다.}$$

=====

$\theta = 180^\circ$  인 지점에서 구심력과 중력을 비교하여 M의 조건을 구한다. (4점)

=====

4)  $\theta = 180^\circ$  인 지점에서 구심력과 중력을 비교한다. 이 지점까지 물체 B가 올라가기 위해서는 구심력이 중력보다 크거나 같아야한다. 이를 이용하여 B의 질량 범위를 구하고 그 질량이 0보다 크다는 사실을 이용하여 M의 조건을 구한다.

$$\alpha m \frac{v''^2_B}{R} \geq \alpha mg, \quad \frac{v''^2_B}{R} \geq g$$

$$v''^2_B \geq gR$$

3)에서 구한  $v''^2_B = \frac{8gR}{(\alpha+1)^2} \left( \frac{M}{m+M} \right) - 4gR$ 를 대입해서 풀면

$$\frac{8gR}{(\alpha+1)^2} \left( \frac{M}{m+M} \right) - 4gR \geq gR, \quad \frac{8}{(\alpha+1)^2} \left( \frac{M}{m+M} \right) \geq 5$$

$$\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right) \geq (\alpha+1)^2, \quad \alpha+1 \leq \sqrt{\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right)}, \quad \alpha \leq \sqrt{\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right)} - 1$$

$$\therefore 0 < m_B \leq \left( \sqrt{\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right)} - 1 \right) m$$

$$m_B > 0 \text{ 때문에 } \sqrt{\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right)} - 1 > 0 \text{ 이다.}$$

$$\frac{8}{5} \left( \frac{M}{m+M} \right) > 1, \quad \frac{M}{m+M} > \frac{5}{8}$$

$$M > \frac{5}{8}m + \frac{5}{8}M, \quad \frac{3}{8}M > \frac{5}{8}m$$

$$\therefore M > \frac{5}{3}m$$

(문제 2-1) [4점]

=====

고체/기체 원자 사이의 거리 비교 (2점)

인접한 여러 에너지 준위가 모여 연속적으로 보이는 에너지띠를 이루게 된다. (2점)

=====

기체의 경우 원자와 원자 사이의 간격이 멀어 원자들 사이에 서로 영향을 주지 않는다. 반면에 고체의 경우에는 원자 사이의 간격이 가까워서 원자들끼리 서로 영향을 미친다. (2점)

기체에서는 원자 사이의 간격이 매우 멀어 다른 원자들이 전자의 궤도에 영향을 거의 주지 않기 때문에 같은 종류의 기체 원자에서는 전자의 에너지 준위의 분포가 거의 같다.

고체는 원자들 사이의 간격이 가까워서 인접한 원자들이 서로의 전자 궤도에 영향을 준다. 따라서 기체와 비교하면 고체일 때 전자들의 에너지 준위는 미세한 차이를 두면서 인접한 값을 가지게 된다. 원자의 수가 점점 더 많아지면, 에너지 준위는 거의 연속적인 띠를 이루게 된다. 우리가 가시적으로 볼 수 있는 고체의 내부는 셀 수 없이 많은 원자들로 이루어져 있으므로, 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하게 되면서 거의 연속적으로 보이게 된다. 이렇게 인접한 여러 에너지 준위가 모여 연속적으로 보이는 영역을 에너지띠라고 한다. (2점)

(문제 2-2) [6점]

고체(도체, 절연체, 반도체)의 에너지띠 구조를 띠 간격에 유의하면서 그린다. (3점)  
띠 간격의 크기에 따른 도체, 절연체, 반도체의 전도성을 설명한다. (3점)

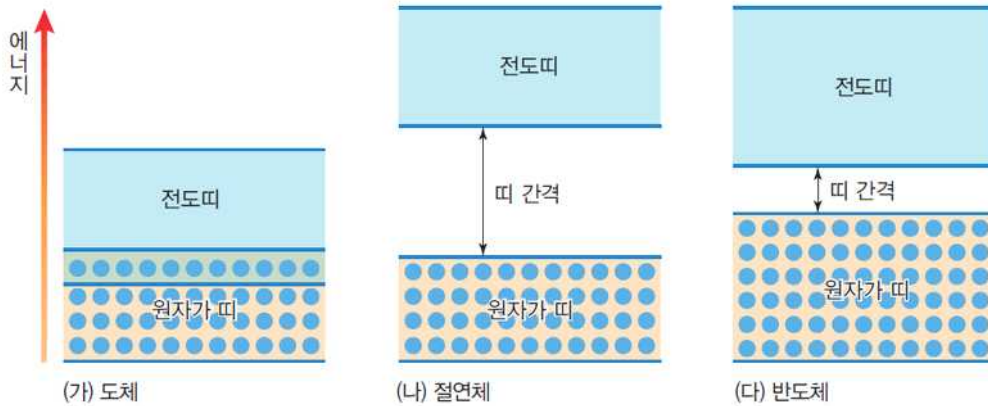


그림 II-18 도체, 절연체, 반도체의 에너지띠 구조

도체, 절연체, 반도체의 에너지띠 구조를 띠 간격에 유의하면서 그린다. (3점)

\*각 영역의 용어(전도띠, 원자가 띠, 띠 간격)가 정확하지 않으면 감점

도체는 원자가 띠와 전도띠가 붙어 있다.(혹은 띠 간격이 없다.) 따라서 약간의 에너지만 흡수해도 원자가 띠의 전자가 쉽게 전도띠로 이동하여 자유 전자가 되므로 전기 전도성이 좋다. (1점)

절연체는 원자가 띠에 전자들이 꽉 차 있어서 전자들이 고체 내부에서 자유롭게 이동하지 못한다. 원자가 띠의 전자들이 에너지를 흡수하여 전도띠로 올라가면 자유롭게 이동할 수 있지만, 위에 그림과 같이 절연체는 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 넓다. 따라서 높은 전압을 걸어 주어도 띠 간격을 뛰어넘을 정도로 충분한 에너지를 갖지 못하므로 전기 전도성이 매우 낮다. (1점)

반도체는 원자가 띠에 전자들이 꽉 차 있어서 전자들이 자유롭게 이동하지 못하지만, 위의 그림과 같이 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 좁아서 전자들이 적당한 에너지를 흡수하면 전도띠로 올라갈 수 있다. (1점)

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 물리학문제1~2에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### (문제 1-1)

A의 역학적 에너지 보존, A와 B의 충돌 전과 후 운동량 보존과 운동 에너지 보존을 이해하고 식을 세워 연립 방정식을 풀 수 있어야 하며, 또한 충돌 후 B가  $\theta$ 가  $180^\circ$ 인 지점까지 원운동하며 올라가기 위해서는  $180^\circ$  지점에서 중력이 구심력 역할을 한다는 사실을 이해해야 함. 이 문제에서 제시되는 물리학 개념과 이 문제를 해결하기 위해서 알고 있어야 하는 물리학 개념은 물리학 I, II 교과서의 [뉴턴 운동 법칙] 단원, [운동량 보존] 단원, [역학적 에너지 보존] 단원, [등속 원운동] 단원에서 빠짐없이 다루고 있으므로 고등학교 교육과정 내에서 충분히 해결할 수 있는 문제임. 다만 연립 방정식을 푸는 과정에서 시간이 다소 소요될 수 있으나 의예과 지원 학생들의 수준을 감안하면 적절하다고 판단된다.

#### (문제 1-2)

문제 1-1에서 왼쪽 구형인 면이 고정된 상태에서 자유롭게 움직이는 상황으로 바뀐 문제이다. A와 왼쪽 구형인 면 사이의 운동량 보존 식이 추가로 필요하다. 따라서 문제 1-1에서 질량  $M$ 인 왼쪽 구형면 물체와 A 사이의 운동량 보존식이 추가되어 연립 방정식을 정리하고 해결하는 과정에서 문제 1-1보다 시간이 더 필요하다. 또한 B의 질량 범위를 먼저 구한 후  $M$ 의 범위를 추론하여야 하므로 그 과정에서 학생들이 어려워할 것으로 예상되나 고등학교 교육과정 내에서 충실히 학습한 학생들이라면 해결 가능한 수준이다.

#### (문제 2-1)

고체를 이루는 원자들 사이의 거리는 매우 가까워 서로의 에너지 준위에 영향을 미치며 거의 연속적인 에너지띠 형태를 이룬다는 사실을 기체의 에너지 준위와 비교하여 설명할 수 있는지 묻는 문제이다. 고등학교 교육과정에 충실한 문제이다.

#### (문제 2-2)

고체의 전기 전도성을 에너지띠 구조를 이용하여 설명할 수 있어야 하며 각 에너지띠에서의 영역 명칭과 띠 간격과 전기 전도성과의 관계를 논리적으로 추론할 수 있는지 묻는 문제임. 고등학교 교육과정에 충실한 문제이다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

#### (문제 1-1)

중력장 내에서 낙하하는 물체 A의 속도를 구하고, 다른 물체 B와 충돌할 때 운동량보존법칙을 적용하여 충돌한 물체의 속도를 계산하고 역학적 에너지 보존법칙을 이용하여 충돌한 물체 B가 곡면을 따라 최대로 올라가는 경우 물체 B의 질량을 추론하는 문제로 단계별로 중력장 내의 운동, 운동량보존법칙, 역학적에너지 보존법칙, 구심력을 모두 이해하고 순서대로 풀이해야하는 난이도가 높은 문제임. 풀이과정에서 적용되는 이론이나 법칙은 고등학교 교육과정 중 물리학I, 물리학II 교과 내에 있으며 계산과정이 비교적 복잡하나 순서대로 적용한다면 해결할 수 있는 수준이다.

#### (문제 1-2)

문항 1-1에서 파생되는 문제로 풀이과정이나 적용되는 법칙은 같으며 구면을 따라 낙하한 물체 A가 구면 M을 미는 현상 즉 두 물체가 분리될 때 운동량보존법칙을 적용하는 과정을 추가하여 1-1문항에 평가요소를 추가하였다.

구면을 따라 낙하한 물체의 속력을 구한 후 물체 B와 충돌할 때 운동량보존법칙을 적용하여 충돌한 물체의 속도를 계산하고 역학적 에너지 보존법칙을 이용하여 충돌한 물체 B가 곡면을 따라 최대로 올라가는 경우 구면받침대의 질량을 추론하는 문제로 단계별로 중력장 내의 운동, 운동량보존법칙, 역학적에너지 보존법칙, 구심력을 모두 이해하고 순서대로 풀이해야하는 문제이다.

**(문제 2-1)**

전자는 특정에너지 상태를 가진 궤도에만 존재하는 에너지의 양자화 개념을 이해하고, 원자 간의 거리가 큰 기체와 거리가 가까운 고체의 에너지 준위의 특징을 묻는 질문으로 고체는 원자핵간 거리가 가까워 에너지준위가 모여 거의 연속적인 띠를 이룬다는 개념을 이해하면 해결할 수 있는 문항으로 난이도는 하로 생각된다.

**(문제 2-2)**

에너지띠, 띠 간격, 전도띠의 개념을 이해하고 전자가 에너지를 얻으면 전도띠로 올라가는데 띠 간격의 유무와 크기에 따라 물체의 특성이 도체, 절연체, 반도체로 나뉜다는 내용을 알면 쉽게 해결할 수 있는 문제로 난이도는 하로 생각된다.

**3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)**

**(문제 1-1)**

역학적 에너지 보존의 개념과 충돌 전과 후 운동량 보존과 운동 에너지 보존을 이해하고 식을 세워 연립 방정식을 풀 수 있어야 한다. 또한 충돌 후 B가  $\theta=180^\circ$  지점에서 중력이 구심력 역할을 한다는 사실을 이해하는 것이 문제 풀이에서 중요한 점으로 작용함. 풀이 과정에서 운동량 보존, 역학적 에너지 보존, 등속 원운동과 관련된 이론이나 법칙을 통합적으로 적용해야 하지만 고등학교 교육과정 교과서 내에 있는 내용이다.

**(문제 1-2)**

문제1-1에서 왼쪽 구형인 면이 고정된 상태에서 자유롭게 움직이는 상황으로 바뀔 때 따라 A와 왼쪽 면 사이의 운동량 보존 식이 추가로 필요하다. 또한 B의 질량을 구한 후 M의 값을 구하는 과정이 필요하다. 문제 풀이 과정 중 중력장 내의 운동, 운동량보존법칙, 역학적 에너지 보존법칙, 구심력을 모두 이해하고 순서대로 풀어야 한다.

**(문제 2-1)**

전자는 특정 에너지 준위에서 존재한다는 개념과 고체 상태에서 원자들 사이의 거리가 가까워 에너지 준위에 영향을 미치고 연속적인 에너지띠 형태를 이룬다는 사실을 알아야 풀 수 있는 문제임. 풀이 과정이 1-1번, 1-2번보다 간단하며 의예과 지원 학생들의 수준을 고려하면 해당 문제의 난이도는 하로 예상된다.

**(문제 2-2)**

고등학교 교육과정 중 에너지띠, 전도띠의 개념을 알면 충분히 풀 수 있는 문제이다. 띠 간격과 전기 전도성과의 관계를 추론할 수 있다면 해결 가능한 문제로 난이도는 중하이다.

[문항카드 9-1]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

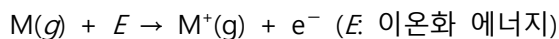
1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(화학)/ 1-1, 1-2, 1-3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	분자간 상호 작용, 이온화 에너지, 화학 전지
예상 소요 시간	25분	

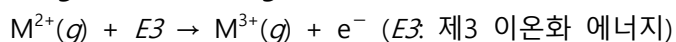
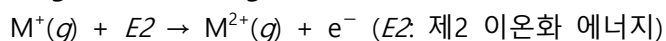
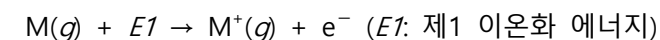
2. 문항 및 제시문

(가) 물질을 이루는 분자의 상호 작용을 분자간 힘이라고 한다. 분자간 힘은 물질의 끓는점에 영향을 미치므로 끓는점으로 분자간의 힘의 크기를 알 수 있다. 분자간의 힘은 쌍극자-쌍극자 힘, 분산력, 수소 결합이 있다. 쌍극자를 가지는 극성 분자들이 가까워지면, 같은 전하 사이의 반발력을 최소화하고 반대 전하 사이의 인력을 최대화하도록 분자들이 배열한다. 이 때 한 분자의 쌍극자와 이웃한 분자의 쌍극자 사이에 인력이 작용하는데, 이러한 분자 사이의 힘을 쌍극자-쌍극자 힘이라고 한다. 무극성 분자는 전자의 치우침 없이 전자가 고르게 분포한다고 가정하지만, 전자가 순간적으로 분자의 한쪽으로 치우치면 잠시 동안 쌍극자가 생길 수 있다. 이처럼 전자가 분자의 한쪽으로 치우치는 현상을 편극이라고 하고, 이때 순간적으로 생성되는 쌍극자를 순간 쌍극자라고 한다. 순간 쌍극자는 이웃한 분자의 전자 분포에 영향을 미쳐 또 다른 순간 쌍극자를 만들 수 있다. 이 두 순간 쌍극자 사이에 작용하는 약한 힘을 분산력이라고 한다. 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자에 결합한 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 정전기적 인력을 수소 결합이라고 한다.

(나) 원자핵과 전자 사이에는 인력이 작용하므로 원자에서 전자를 떼어내려면 에너지가 필요하다. 원자가 양이온이 될 때는 원자핵과의 인력이 가장 작은 원자가 전자가 먼저 분리된다. 기체 상태의 원자 1몰에서 1몰의 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 한다.



원자에서 여러 개의 전자를 떼어낼 때는 전자를 1몰씩 차례로 떼어내는 것으로 가정할 수 있는데, 이때 필요한 각각의 이온화 에너지를 순차 이온화 에너지라고 한다.



(다) 화학 전지에서는 산화 환원 반응이 일어나면서 전자가 이동하여 전류가 흐른다. 전류는 열과 빛을 발생시키거나 전동기를 움직이게 하는 등의 일을 할 수 있는데, 전류가 흐르면서 일을 할 수 있는 능력을 전기 에너지라고 한다. 이처럼 화학 전지는 물질이 지닌 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다.

(라) 일반적으로 금속 원소는 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향이 있는데, 이것을 금속의 이온화 경향이라고 한다. 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉬우며 반응성이 크다. 예를 들어 아연(Zn)은 은(Ag)보다 이온화 경향이 커서 아연(Zn)이 은(Ag)보다 쉽게 전자를 잃고 산화된다.

[문제 1-1] 다음 물질들을 끓는점이 낮은 것부터 높은 순서로 나열하고, 그 이유를 논리적으로 설명하시오. (5점)

A:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$     B:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$     C:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$     D:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

[문제 1-2]  ${}_6\text{C}$ 의 순차 이온화 에너지 크기( $E_1 \sim E_6$ )를 y축으로 전하 수(+1~+6)를 x축으로 한 그래프를 예측하여 그리고, 그 이유를 설명하시오. (5점)

[문제 1-3] 아연(Zn) 금속과 은(Ag) 금속으로 구성된 화학 전지를 고안하여 모형을 그리고, 고안한 화학 전지의 전체 반응을 쓰시오. 그리고 고안한 화학 전지의 작동 원리를 설명하시오. (단, 각각의 전극과 전해질은 분리된 용기에 위치시킨다). (10점)

### 3. 출제 의도

[문제 1-1]

분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-2]

이온화 에너지에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-3]

화학 전지의 작동 원리에 대한 이해도를 평가한다.

### 4. 문항 및 제시문의 출제 근거

#### 1. 제시문

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호[별책 9] “과학과 교육과정” 화학 I, 화학 II
성취기준	제시문(가) [12화학II01-04] 분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계를 설명할 수 있다.
	제시문(나) [12화학 I 02-05] 주기율표에서 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있다.
	제시문(다) [12화학II04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다.
	제시문(라) [12화학II04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 있다.

문항1-1

[12화학II01-04] 분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계를 설명할 수 있다.

문항1-2

[12화학 I 02-05] 주기율표에서 유효 핵전하, 원자 반지름, 이온화 에너지의 주기성을 설명할 수 있다.

문항1-3

[12화학II04-01] 화학 전지의 작동 원리를 산화·환원 반응으로 설명할 수 다.

## 2. 자료출처

### (1) 제시문 (가)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학II	홍훈기 등	교학사	2018	31-34
	고등학교 화학II	장낙한 등	상상아카데미	2018	33-37
	고등학교 화학II	박종석 등	비상	2018	20-23

### (2) 제시문 (나)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	장낙한 등	상상아카데미	2018	91-97
	고등학교 화학 I	하윤경 등	교학사	2018	83-89
	고등학교 화학 I	박종석 등	비상	2018	80-85

### (3) 제시문 (다)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학II	홍훈기 등	교학사	2018	180-182
	고등학교 화학II	장낙한 등	상상아카데미	2018	197-200
	고등학교 화학II	박종석 등	비상	2018	167-171

### (4) 제시문 (라)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학II	홍훈기 등	교학사	2018	179
	고등학교 화학II	장낙한 등	상상아카데미	2018	195-196
	고등학교 화학II	박종석 등	비상	2018	165-166

## 5. 채점기준

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 끓는점이 낮은 것부터 높은 순서로 나열</li> <li>- 물질에 따른 분자간의 힘의 종류 및 세기 비교</li> </ul>	2 3

1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- y축: 이온화 에너지 크기 vs x축: 전하 수로 한 그래프 작성</li> <li>- 전하 수에 따른 이온화 에너지 크기의 변화 설명</li> </ul>	3 2
1-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>-화학전지 모형 예시</li> <li>-화학 전지의 작동 원리 설명</li> <li>-전체 반응 제시</li> </ul>	4 4 2

## 6. 예시답안

[문제 1-1] 다음 물질들을 끓는점이 낮은 것부터 높은 순서로 나열하고, 그 이유를 논리적으로 설명하시오.

A:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$     B:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$     C:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$     D:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

(해답 예시)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

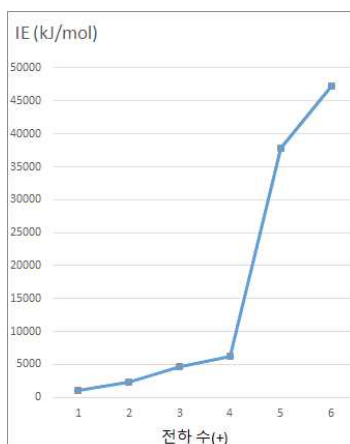
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$  쌍극자-쌍극자 힘이 분산력 보다 큼

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2, \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  쌍극자-쌍극자 힘보다 수소 결합이 큼

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  N보다 O의 전기음성도가 큼

[문제 1-2]  ${}_6\text{C}$ 의 순차 이온화 에너지 크기( $E_1 \sim E_6$ )를 y축으로 전하 수(+1~+6)를 x축으로 한 그래프를 예측하여 그리고, 그 이유를 설명하시오.

(해답 예시)



$6C$ 의 전자 배치:  $1s^2 2s^2 2p^2$

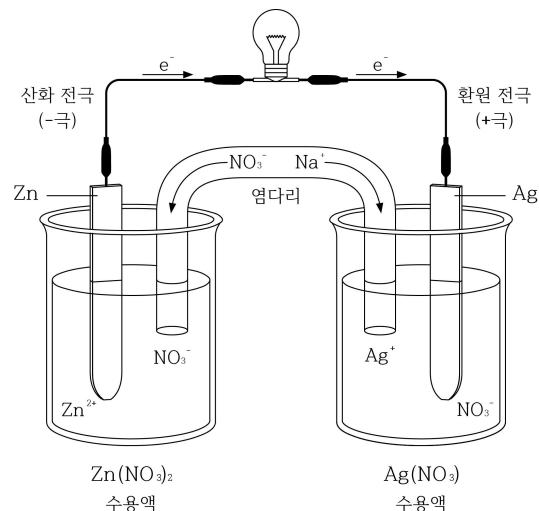
전하 수 1-4와 전하 수 5-6: 같은 전자 껍질에서 전자를 떼어낼수록 같은 전자 껍질의 전자 가려막기 효과가 감소하여 각 전자에 대한 유효 핵전하가 증가하므로 순차 이온화 에너지는 **점점** 증가한다.

전하 수 4-5: 안쪽 전자 껍질에 있는 전자는 원자핵으로부터 더 큰 인력을 받으므로 전자 껍질 수가 감소할 때는 순차 이온화 에너지가 **급격하게** 증가한다.

**[문제 1-3]** 아연(Zn) 금속과 은(Ag) 금속으로 구성된 화학 전지를 고안하여 모형을 그리고, 고안한 화학 전지의 전체 반응을 쓰시오. 그리고 고안한 화학 전지의 작동 원리를 설명하시오. (단, 각각의 전극과 전해질은 분리된 용기에 위치시킨다).

**(해답 예시)**

$AgNO_3$  수용액,  $Zn(NO_3)_2$  수용액, Zn, Ag,  $NaNO_3$ 로 구성된 염다리를 사용한 화학전지 모형 예시:



화학 전지의 작동 원리:

아연(Zn)이 은(Ag)보다 쉽게 전자를 잃고 산화되므로 아연(Zn)은 산화 반응이 일어나고, 전자가 전선을 통하여 환원 전극 (+극) 이동하여 전류가 흐르게 된다. 전자를 받은 은(Ag)은 환원 반응이 일어난다.

산화 전극 (-극):  $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$  (산화)

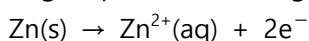
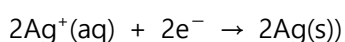
환원 전극 (+극):  $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$  (환원)

아연 수용액은 아연 이온( $Zn^{2+}$ )이 증가한다, 염다리의 음이온( $NO_3^-$ )은 아연 수용액 쪽으로 이동하여 전하 균형을 맞춘다. 은 수용액은 은(Ag)의 석출로 양이온이 감소한다. 염다리의 양이온( $Na^+$ )은 은 수용액 쪽으로 이동하여 전하 균형을 맞춘다.

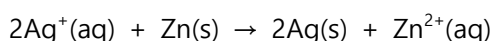
염다리의 음이온( $NO_3^-$ )은 아연(Zn) 수용액 쪽으로 이동

염다리의 양이온( $Na^+$ )은 은(Ag) 수용액 쪽으로 이동

전체반응:



-----



## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 화학문제1에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### <문제 1-1>

해당 문제는 화학II에서 분자간의 인력을 추론하는 대표적인 문제로 분자량의 크기가 비슷할 때 수소결합, 쌍극자-쌍극자힘, 분산력 순으로 크기가 감소하는 것을 해당 분자의 구조식을 통해서 추론해 내는지가 핵심인 문제이다. 교과서 예제 등에서 많이 볼 수 있는 문제이기 때문에 난이도는 '중하'이다.

#### <문제 1-2>

해당 문제는 화학I에서 순차 이온화 에너지를 다루는 내용을 그래프로 그려보게 하는 것이며 해당 그래프의 추세가 왜 그러하는지 추론하는 것이다. 이 내용은 유효 핵전하를 기반으로 전자 껍질에 대한 개념만 있으면 되기 때문에 난이도는 '하'이다.

#### <문제 1-3>

해당 문제는 화학II에서 화학 전지의 내용을 담고 있다. 고등학교 성취 기준으로 가장 예시로 많이 설명하는 다니엘 모형 전지를 기반으로 해당 화학 전지가 작동하는 원리를 질문하기 때문에 어려운 것은 아니다. 다만 응시생은 해당 관련 문제를 대부분 객관식으로 풀어 봤을 것으로 생각된다. 문제는 주어진 조건하에 있는 화학 전지를 직접 모형으로 나타내고 각 부분에 물질 이동으로 전지 흐름을 표현하는 것으로 난이도가 '중'이다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

#### <문제 1-1>

분자 간 힘과 끓는점 관계를 설명하는 문제로  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 는 분산력만 작용,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$ 는 쌍극자-쌍극자 힘,

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ 는 수소결합,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 는 수소결합을 한다. O가 N보다 전기음성도가 크기 때문에 수소결합력이 더 강하다. 분자 간 힘과 끓는 점 관계만 알면 쉽게 풀 수 있어 난이도는 "하"이다.

#### <문제 1-2>

${}_6\text{C}$ 의 순차이온화에너지가 전하수가 증가함에 따라 유효 핵전하가 증가해 점차 증가하고 E5는 전자껍질이 없어서 E1~E4에 비해 값이 크게 변화한다는 것을 설명하는 것으로 순차 이온화에너지, 유효핵전하의 개념을 알고 있으면 그래프를 쉽게 그릴 수 있어 "하"정도의 난이도이다.

#### <문제 1-3>

화학전지는 자발적인 산화환원반응을 이용해 화학에너지를 전기에너지로 바꾸어주는 장치이다. 제시된 Zn, Ag 금속의 이온화 경향 차이와 두 금속을 전극으로 사용하고  $\text{Zn(s)}$ 과  $\text{Ag}^+$ 의 산화환원반응을 통해 화학전지의 작동 원리를 설명해야 한다. 문제는 화학전지의 구성요소(두 전극과 전해질)와 작동 원리를 알고 있는지를 묻고 있는 문제로 전해질로 Zn보다 이온화 경향이 작은 금속이온을 사용해야하는 것을 알아야하며 직접 화학 전지를 구성해야하므로 "중"정도의 난이도이고 교육과정의 성취기준을 잘 반영하였다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### <문제 1-1>

문항 1-1은 화학Ⅱ에서 분자 간 상호 작용에 따른 끓는 점과의 관계를 묻는 문항으로 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 그대로 따르고 있다.

이 문항을 해결하기 위한 개념인 수소 결합, 쌍극자-쌍극자 힘, 분산력, 전기 음성도는 화학Ⅱ 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 핵심 개념이다. 따라서 문항 1-1은 제시문 (가)와 더불어 교육과정 범위와 수준을 철저히 준수하고 있으며 제시문과 문항에서 사용한 용어 또한 교육과정 용어와 일치하고 있다. 이에 교육과정을 충실히 이수하고 교과 내 개념을 원리적으로 이해한 학생은 문항을 해결하는데 어려움이 없었을 것으로 예상되며 난이도는 중하에 해당한다.

#### <문제 1-2>

문항 1-2는 화학Ⅰ에서 유효 핵전자에 따른 순차적 이온화 에너지의 크기 변화를 묻는 문항으로 제시문 (나)와 함께 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 철저히 준수하고 있으며 제시문과 문항에서 사용한 용어 또한 교육과정 용어와 일치하고 있다. 문항을 해결하기 위한 개념인 유효 핵전자, 전자 껍질 수, 순차적 이온화 에너지는 화학Ⅰ 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 핵심 개념이다. 이에 해당 개념을 원리적으로 이해하고 교육과정을 충실히 이수한 학생이라면 어렵지 않게 답안을 작성할 수 있었을 것으로 판단되며 난이도는 '중'에 해당한다.

#### <문제 1-3>

문항 1-3은 화학Ⅱ에서 화학 전지의 원리에 대한 전반적인 이해를 바탕으로 해결해야 하는 문항으로 제시문 (다), (라)와 함께 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 철저히 준수하고 있으며 제시문과 문항에서 사용한 용어 또한 교육과정 용어와 일치하고 있다. 문항을 해결하기 위한 개념인 다니엘 전지의 원리와 구성, 전해질 용액과 전하의 균형, 염다리의 역할, 각 전극에서 일어나는 산화-환원 반응식은 화학Ⅱ 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 핵심 개념이다.

이와 같은 개념에 대한 이해를 바탕으로 다니엘 전지를 구성하는 요소들을 도식화해서 그려낼 수 있는지를 묻고 있기에 단편적인 답을 요구하는 객관식 문항에 익숙한 학생은 적절한 답안을 작성하는데 어려움이 있었을 것이다.

이 문항은 교과 개념과 원리를 중시하는 교육과정 취지에 부합하는 문항으로 학교 교육을 정상화 하는데 기여할 수 있는 좋은 문항으로 판단된다. 난이도는 '중'에 해당한다.

[문항카드 9-2]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(화학)/ 2-1, 2-2, 2-3	
출제 범위	교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	화학 반응식, 산화-환원, 산화수, 완충용액, 퍼센트 농도, 몰농도
예상 소요 시간	25분	

2. 문항 및 제시문

(가) 우리 몸은 외부나 체내의 환경이 변하더라도 체온, 혈당량, 체액의 pH 등을 일정한 범위에서 조절하여 생명을 유지한다. 특히 pH는 우리 몸에서 일어나는 다양한 화학 반응과 관련되어 있어 매우 중요하다. 혈액은 우리 몸의 pH를 유지하는 데 가장 큰 역할을 하는 완충 용액이다. 혈액의 pH는 7.4 정도이며 다양한 화학 물질로 유지되는데 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )으로 나타나는 완충 작용이 대표적이다.

(나) 화학 반응은 본래의 물질과 성질이 전혀 다른 새로운 물질이 생성되는 현상이다. 화학 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 관계를 화학식으로 이용하여 나타낸 것을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식을 쓸 때 반응물과 생성물의 상태를 괄호 안에 약자를 써서 표시하기도 한다. 고체는 (s), 액체는 (l), 기체는 (g), 수용액은 (aq)로 나타낸다. 화학 반응식으로 알 수 있는 다양한 정보 가운데 반응물과 생성물 사이의 양적 관계가 중요하다. 화학 반응식을 이용하여 주어진 반응물로부터 얻을 수 있는 생성물의 양을 계산할 수 있고, 반대로 일정한 양의 생성물을 얻는 데 필요한 반응물의 양도 계산할 수 있다. 탄소와 수소로만 이루어진 탄소 화합물을 탄화수소라고 한다. 탄화수소는 완전 연소할 때 이산화 탄소( $\text{CO}_2(\text{g})$ )와 수증기( $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ )를 생성하면서 많은 열을 내므로 자동차의 연료로 사용된다.

(다) 어떤 원자나 이온이 전자를 잃는 반응을 산화라고 한다. 반대로 어떤 원자나 이온이 전자를 얻는 반응을 환원이라고 한다. 전자를 잃는 산화 반응이 일어나려면 전자를 얻는 환원 반응도 일어나야 한다. 반대로 환원 반응이 일어나려면 산화 반응이 일어나야 한다. 이처럼 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 산화 환원 반응이라 한다. 이에 대한 예시로 염산( $\text{HCl}(\text{aq})$ )과 크로뮴산 칼륨( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) 수용액, 아산화 질소( $\text{N}_2\text{O}$ ) 기체는 화학 반응을 하여 염화 크로뮴(III)( $\text{CrCl}_3$ ) 수용액과 이산화 질소( $\text{NO}$ ) 기체, 액체 물( $\text{H}_2\text{O}$ ), 염화 칼륨( $\text{KCl}$ ) 수용액을 생성한다.

[문제 2-1] 운동으로 생긴 젖산이 혈액 속으로 녹아들어 갈 때 일어나는 현상을 화학 반응식을 이용하여 논리적으로 설명하시오. (4점)

[문제 2-2] 가솔린의 주요 성분인 액체 옥테인( $C_8H_{18}(l)$ ) 114 mL가 과량의 산소( $O_2(g)$ )와 반응할 때 배출되는 탄소(C)의 양(g)을 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 옥테인의 밀도는 0.70 g/mL이다) (4점)

[문제 2-3] 제시문 (다)에서 예시로 들었던 산화 환원 반응을 완성하시오. 일산화 질소(NO) 10.8 g을 생성하기 위한 최소한의 36.5% 염산은 몇 mL가 필요한지 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, 염산의 밀도는 1.20 g/mL이다. HCl의 분자량은 36.5이고, NO의 분자량은 30이다.) (12점)

### 3. 출제 의도

(문제 2-1)

생체 내에서 일어나는 완충 작용에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-2)

여러 가지 반응을 화학식으로 나타내고, 화학 반응에서의 양적 관계에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-3)

산화 환원 반응의 완결 및 용액의 농도 개념에 대한 이해도를 평가한다.

### 4. 문항 및 제시문의 출제 근거

#### 1. 제시문

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호[별책 9] “과학과 교육과정” 화학 I, 화학 II
성취기준	<b>제시문(가)</b> [12화학II02-07] 완충 용액이 생체 내 화학 반응에서 중요함을 설명할 수 있다.
	<b>제시문(나)</b> [12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
	<b>제시문(다)</b> [12화학 I 04-05] 산화·환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다.
	<b>문항2-1</b> [12화학II02-07] 완충 용액이 생체 내 화학 반응에서 중요함을 설명할 수 있다.
	<b>문항2-2</b> [12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.
	<b>문항2-3</b> [12화학 I 01-05] 용액의 농도를 몰 농도로 표현할 수 있다.
	[12화학 I 04-05] 산화·환원을 전자의 이동과 산화수의 변화로 설명하고, 산화수를 이용하여 산화·환원 반응식을 완성할 수 있다.
	[12화학II01-08] 퍼센트 농도, ppm, 농도, 몰랄 농도의 의미를 이해하고, 여러 가지 농도의 용액을 만들 수 있다.

#### 2. 자료출처

(1) 제시문 (가)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학Ⅱ	최미화 등	미래엔	2018	122-125
	고등학교 화학Ⅱ	홍훈기 등	교학사	2018	115-119
	고등학교 화학Ⅱ	이상권 등	지학사	2018	120-125

(2) 제시문 (나)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	이상권 등	지학사	2018	34-39
	고등학교 화학 I	황성용 등	동아출판	2018	39-45
	고등학교 화학 I	홍훈기 등	교학사	2018	38-42

(3) 제시문 (다)

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	이상권 등	지학사	2018	175-180
	고등학교 화학 I	황성용 등	동아출판	2018	188-196
	고등학교 화학 I	홍훈기 등	교학사	2018	174-181

## 5. 채점기준

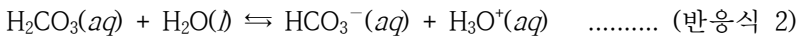
하위 문항	채점 기준	배점
2-1	- 완충 용액의 평형식	2
	- 혈액에 산이 증가할 때의 현상 설명	2
2-2	- 화학 반응식 완결	2
	- 생성되는 탄소의 g 수 계산	2
2-3	- 산화 환원 반응식 완결	4
	- 염산의 몰농도 계산	4
	- 필요한 염산의 부피 계산	4

## 6. 예시답안

[문제 2-1] 운동으로 생긴 젖산이 혈액 속으로 녹아들어 갈 때 일어나는 현상을 화학 반응식을 이용하여 논리적으로 설명하시오. (4점)

(해답 예시)

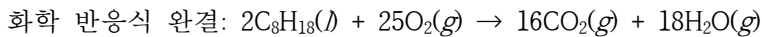
CO<sub>2</sub>가 혈액에 녹아 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 생성되며 (반응식 1), 혈액 속에서 약산인 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>과 이것의 짝염기인 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>은 평형 (반응식 2)을 이룬다.



운동으로 젖산이 생기면 혈액 속 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>의 농도가 증가하여 반응식 2에서 평형이 역방향 쪽으로 이동하여 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 생성된다. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>가 없어지므로 혈액의 pH는 일정하게 유지된다. H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>는 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해되고, CO<sub>2</sub>는 호흡으로 몸 밖으로 배출된다.

[문제 2-2] 가솔린의 주요 성분인 액체 옥테인(C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>(l)) 114 mL가 과량의 산소(O<sub>2</sub>(g))와 반응할 때 배출되는 탄소(C)의 양(g)을 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 옥테인의 밀도는 0.70 g/mL이다.) (4점)

(해답 예시)



사용한 옥테인의 몰 수 계산:  $\frac{114 \text{ mL C}_8\text{H}_{18} \times 0.70 \text{ g/mL}}{114 \text{ g/mol}} = 0.70 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}$

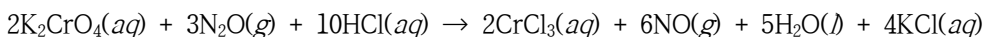
C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>(l)과 CO<sub>2</sub>(g)는 1 : 8의 몰 비로 반응:

생성되는 C의 g 수:  $8 \times 0.70 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 67 \text{ g}$

[문제 2-3] 제시문 (다)에서 예시로 들었던 산화 환원 반응을 완성하시오. 일산화 질소(NO) 10.8 g을 생성하기 위한 최소한의 36.5% 염산은 몇 mL가 필요한지 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, 염산의 밀도는 1.20 g/mL이다. HCl의 분자량은 36.5이고, NO의 분자량은 30이다.) (12점)

(해답 예시)

완결된 반응식:



생성된 NO의 몰 수:  $10.8 \text{ g NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} = 0.36 \text{ mol NO}$

NO(g)과 HCl(aq)은 6 : 10의 몰 비로 반응:

$$\text{필요한 HCl의 mol 수: } 0.36 \text{ mol NO} \times \frac{10 \text{ mol HCl}}{6 \text{ mol NO}} = 0.60 \text{ mol HCl}$$

염산의 몰 농도 구하기: 용액의 부피와 용질의 몰수 계산하기

36.5% 염산: 용액 100 g에 HCl 36.5 g이 녹아 있다.

$$\text{HCl의 몰수 계산: } \frac{36.5 \text{ g HCl}}{36.5 \text{ g/mol}} = 1.00 \text{ mol HCl}$$

$$\text{밀도로부터 용액의 부피 계산: } 100 \text{ g 용액} \times \frac{1 \text{ mL}}{1.20 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.0830 \text{ L}$$

$$\text{염산의 몰농도} = \frac{1.00 \text{ mol}}{0.0830 \text{ L}} = 12.0 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} &0.60 \text{ mol HCl을 얻기 위한 } 12.0 \text{ M HCl의 부피 계산: } 12.0 \text{ mol/L HCl} \times V \text{ (L)} = 0.60 \text{ mol} \rightarrow V \text{ (L)} = \\ &\frac{0.60 \text{ mol}}{12.0 \text{ mol/L}} = 0.050 \text{ L} = 50 \text{ mL} \end{aligned}$$

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 화학문제2에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### <문제 2-1>

해당 문제는 우리 몸에서 일어나는 완충 작용에 대한 예시를 이용한 문제로 교과서에 가장 많이 등장하는 탄산을 이용한 문제이다. 시험을 보는 학생이 자주 보는 화학반응식을 작성하고 글로 풀어낼지가 핵심이다. 다만, 학생들에게 가장 많이 지도하는 예시이며 많은 교과서에서 해당내용을 포함하고 있기 때문에 난이도는 '하'이다.

#### <문제 2-2>

해당 문제는 화학에서 기본으로 다루는 화학반응식과 양적관계에 대한 문제이다. 화학 반응식 안에 들어 있는 정보를 통해서 필요 및 생성될 물질을 추론하는 문제로서 기본적 소양으로 꼭 필요한 문항이다.

#### <문제 2-3>

해당 문제는 산화-환원 반응을 화학 반응식으로 작성하는 기본 하에 용액의 농도를 자유롭게 변형하여 실제 실험까지 할 수 있는지 보는 영역의 문제이다. 산화-환원 반응의 예시로 생소할 수 있는 화학 반응식이지만 산화수 변화 등으로 고등학교 과정을 충실히 이수한 학생이라면 만들 수 있는 문제이다. 또한, 생성물을 얻기 위한 반응물에 양을 얼마나 해야 할지 묻는 문항으로서 실험에서 필수적으로 알고 있어야 하는 내용을 물었기 때문에 각 분야의 난이도는 어렵지 않다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

#### <문제 2-1>

혈액은 호흡으로 들어온  $\text{CO}_2(\text{g})$ 가  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 와 반응해 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )을 형성하고 짝염기인  $\text{HCO}_3^-$ 가 존재하는 완충용액의 구성을 가지고 젖산( $\text{H}^+$ )이 생성되면 짝염기인  $\text{HCO}_3^-$ 와 반응해 역반응이 진행되어 pH가 크게 변하지 않고 유지된다. 생체 내 중요한 완충용액인 혈액을 이용해 완충용액의 구성과 원리에 대해 설명하는 문제로 교과서에 예시로 나와 있고 반응식이 어렵지 않아 난이도는 "하"이다.

#### <문제 2-2>

제시문에서 반응물과 생성물의 종류, 화학식이 나왔기 때문에 화학반응식을 완성하는 것은 어렵지 않고 계수비와 몰수비를 이용해 이산화탄소 중 탄소의 질량은 계산하는 과정 또한 평이하게 풀 수 있는 문제로 난이도는 "중하"정도이다.

#### <문제 2-3>

산화수의 변화를 이용해 산화환원반응식을 완성하고 계수를 통해 산화된 물질과 환원된 물질의 양적 관계를 알아내는 문제이다. Cr과 N의 산화수 변화를 찾아내고 산화환원과정에서 이동한 전자수를 알아내야 한다. 그리고 NO와 반응하는 HCl의 부피를 구하는 과정은 %농도를 몰농도로 전환하는 과정 또는 %농도와 밀도를 이용해 용액100g에 포함된 HCl의 양을 계산해야 한다. 난이도는 "중상"정도이다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### <문제 2-1>

문항 2-1은 화학Ⅱ 화학 평형 단원에서 혈액의 pH를 유지하기 위한 완충 작용에 관한 이해도를 묻는 문항으로 관련 제시문 (가)와 함께 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 철저히 준수하고 있다. 문항에서 제시한 젖산의 농도 증가로 인한 혈액 내 화학 반응은 화학Ⅱ 4종 교과서 모두에 수록되어 있는 교육과정 핵심 개념이다.(비상 p106, 미래엔 p124, 상상아카데미 p131,134, 천재 p123) 이에 교육과정을 정상적으로 이수한 학생은 답안을 작성하는데 어려움이 없었을 것으로 예상되며, 난이도는 '중'에 해당한다.

#### <문제 2-2>

문항 2-2는 화학 I 에서 화학 반응식을 완성하고 이에 대한 양적 관계를 정량적으로 계산할 수 있는지를 묻는 문항으로 제시문(나)와 함께 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 철저히 준수하고 있으며 제시문과 문항에서 사용한 용어와 단위 또한 교육과정과 일치하고 있다.

문항을 해결하기 위한 개념인 화학 반응식의 완성도와 이에 대한 이해, 몰수의 정량적 계산은 화학 I 의 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 핵심 개념이다. 이에 교과 내 개념을 원리적으로 이해한 학생은 문항을 해결하는데 어려움이 없었을 것이다. 난이도는 '중하'에 해당한다.

#### <문제 2-3>

문항 2-3은 화학 I 과 화학Ⅱ 교육과정 내 개념을 활용해 순차적으로 해결해야 하는 문항으로 분석적이고 논리적인 사고력을 필요로 한다. 문항을 해결하기 위한 개념인 산화수의 변화, 산화·환원 반응식 완성, 퍼센트 농도, 몰 농도, 화학 반응에서의 양적 관계는 모두 화학 I 과 화학Ⅱ 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 핵심 개념으로 교육과정 성취기준과 범위, 수준을 철저히 준수하고 있다. 다만 위계가 다른 화학 I 과 화학Ⅱ 교과 개념을 융합적으로 활용해 정량적으로 문제를 해결해야 하므로 단편적 사고에 익숙한 학생은 문제 해결에 다소 어려움을 있었을 것으로 예상된다. 난이도는 '중상'에 해당한다.

[문항카드 10-1]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(생명과학)/ 1-1, 1-2, 1-3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	분화, 유전자, 세포호흡, 미토콘드리아, ATP, 근육 세포
예상 소요 시간	45분	

2. 문항 및 제시문

(가) 우리 몸의 세포는 모두 하나의 수정란에서 만들어지지만, 모양이나 기능은 서로 다르다. 개체의 발생이나 유지 과정에서 구조와 기능이 특수화된 세포가 만들어지는 과정을 세포 분화라고 한다. 근육 세포, 혈구, 피부 세포 등과 같이 분화된 세포는 자신의 구조와 기능에 필요한 단백질을 만들어 자신만의 고유한 특성을 나타낸다. 수정란과 마찬가지로 분화된 세포에도 완전한 개체를 만드는 데 필요한 유전자가 모두 들어 있으며, 분화 과정에서 유전자는 변하지 않는다.

(나) 대부분의 생물은, 산소를 이용하여 유기물을 산화시켜 에너지를 방출하는 복잡한 화학 반응인 세포호흡, 즉 산소 호흡을 통해 생명 활동에 필요한 ATP를 얻는다. 탄수화물, 지방, 단백질과 같이 세포 호흡의 재료가 되는 유기물을 호흡기질이라고 하며, 포도당이 주로 이용된다. 포도당이 산화되면 이산화탄소와 물이 생기고 ATP가 합성된다. 일부 미생물은 산소를 이용하지 않고 유기물을 분해하여 ATP를 얻을 수 있는데, 이와 같은 에너지 생성 과정을 발효라고 한다. 발효는 생성되는 최종 산물의 종류에 따라 알코올 발효와 젖산 발효 등으로 구분할 수 있다.

(다) 우리가 운동할 때 이용하는 근육은 골격근이다. 근육의 여러 구성 요소 중 근육 섬유가 근육 수축을 담당한다. 근육 섬유는 여러 개의 핵을 가지고 있는 하나의 세포이며, 각 근육 섬유는 가느다란 근육 원섬유 다발로 이루어져 있다. 근육 수축은 근육 원섬유 마디를 구성하는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이를 미끄러져 들어가면서 일어나며, 이때 ATP가 소모된다.

(라) 원핵세포가 진핵세포로 진화하는 과정에서 미토콘드리아와 엽록체가 생성되는 현상은 세포내 공생설로 설명된다. 이 과정에서 미토콘드리아는 산소 호흡 세균이 무산소 호흡 세포인 숙주 세포에 공생하여 형성된 것으로, 산소 호흡 세균은 효율적으로 ATP를 생산하여 숙주 세포에 공급하고, 숙주 세포는 산소 호흡 세균에 영양분을 제공하며 산소 농도가 증가하는 환경에 적응하게 되었다.

[문제 1-1] 근육 세포에서는 근육 원섬유가 많이 발달하지만 신경 세포에서는 근육 세포와 같은 근육 원섬유가 많이 발달하지 않는 이유를 제시문 (가)와 관련지어 설명하시오. (10점)

[문제 1-2] 제시문 (나)의 밑줄 친 부분에서 한 분자의 포도당이 세포호흡을 통해 ATP 생산에 사용된다고 할 때, 세포호흡의 각 과정을 물질의 산화 환원 반응과 관련지어 설명하시오. (10점)

[문제 1-3] 육상 선수 중, 단거리 선수와 마라톤 선수의 근육 발달 특성을 제시문 (나) - (라)를 근거로 비교하여 추론하시오. (10점)

### 3. 출제 의도

1. 다세포 생물의 발생 과정에서 세포 분화 과정을 이해하는지와 진핵세포에서 유전자 발현의 조절을 이해하는지를 평가함
2. 세포호흡 과정이 해당과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로 및 산화적 인산화로 구성되어 있으며, 이 과정에서 일어나는 일들을 물질의 화학 반응인 산화 환원 과정으로 설명할 수 있는지를 평가함
3. 근육 세포에서 ATP 생산 과정에서 해당과정과 미토콘드리아의 기능을 이해하고, 진핵세포의 진화 과정과 연관지어 산소와의 관계를 설명할 수 있는지를 평가함

### 4. 문항 및 제시문의 출제 근거

#### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정

교육부 고시 제2015-74호[별책 9] “과학과 교육과정”

관련 성취기준	영역별 내용	
	(가)	[12생과Ⅱ 04-06] 진핵생물의 발생과 세포 분화에서 유전자 발현 조절 과정을 설명할 수 있다.
	(나)	[12생과Ⅱ 03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다. [12생과Ⅱ 03-03] 산소 호흡과 발효의 차이를 이해하고 실생활 속에서 발효를 이용한 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	(다)	[12생과Ⅰ 03-02] 근섬유의 구조를 이해하고, 근수축의 원리를 활주설로 설명할 수 있다.
	(라)	[12생과Ⅱ 05-02] 원핵생물에서 진핵생물로, 단세포에서 다세포로 생물이 진화하는 과정을 모형으로 설명할 수 있다.
	하위 문항	1-1 [12생과Ⅰ 03-02] 근섬유의 구조를 이해하고, 근수축의 원리를 활주설로 설명할 수 있다. [12생과Ⅱ 04-06] 진핵생물의 발생과 세포 분화에서 유전자 발현 조절 과정을 설명할 수 있다. 1-2 [12생과Ⅱ 03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다. 1-3 [12생과Ⅰ 02-01] 물질대사 과정에서 생성된 에너지가 생명 활동에 필요한 ATP로 저장되고 사용됨을 이해하고, 소화, 호흡, 순환 과정과 관련되어 있음을 설명할 수 있다. [12생과Ⅰ 03-02] 근섬유의 구조를 이해하고, 근수축의 원리를 활주설로 설명할 수 있다. [12생과Ⅱ 03-03] 산소 호흡과 발효의 차이를 이해하고 실생활 속에서 발효를 이용한 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과Ⅱ 05-02] 원핵생물에서 진핵생물로, 단세포에서 다세포로 생물이 진화하는 과정을 모형으로 설명할 수 있다.

## 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학 I	권혁빈 외	교학사	2020	72~75
	고등학교 생명과학 I	오현선 외	미래엔	2020	78~79
	고등학교 생명과학 I	심규철 외	비상교육	2020	66~68
	고등학교 생명과학 I	전상학 외	지학사	2019	78~81

고등학교 생명과학 I	이준규 외	천재교육	2020	75~77
고등학교 생명과학II	권혁빈 외	교학사	2020	65~78, 125~128, 143~144,
고등학교 생명과학II	오현선 외	미래앤	2020	76~93, 138~141, 156~157
고등학교 생명과학II	심규철 외	비상교육	2020	73~86, 138~141, 154~155
고등학교 생명과학II	전상학 외	지학사	2020	72~92, 132~136, 156
고등학교 생명과학II	이준규 외	천재교육	2020	70~80, 133~137, 149,

## 5. 문항해설

### (1-1)

다세포 생물은 하나의 수정란으로부터 발생하여 다양한 기능을 지닌 수많은 세포로 분화하여 하나의 개체를 형성하며, 이러한 분화 과정에서 대부분의 세포는 유전정보를 동일하게 유지하지만 유전자의 발현 방식은 각 세포가 분화하는 과정에서 유전자 발현이 다르게 조절된다. 제시문을 근거로 이렇게 다세포 생물의 발생 과정에서 세포 분화 과정을 이해하고 진핵세포에서 유전자 발현의 조절과 관련지어 추론할 수 있는 능력을 평가한다.

### (1-2)

세포호흡을 통해 ATP를 생산하는데 세포호흡은 해당과정, 피루브산의 산화 및 TCA회로, 전자전달계와 화학삼투를 통한 산화적 인산화의 과정으로 진행된다. 세포호흡의 각 과정에서 일어나는 물질들은 산화 환원 과정과 같은 화학 반응을 일으킨다. 이러한 개념을 명확하게 이해하고 설명할 수 있는지를 평가한다.

### (1-3)

육상 선수 중 단거리 선수와 마라톤 선수 모두 근육 운동에 필요한 에너지를 ATP 형태로 공급받아야 하는데, 단거리 선수는 주로 해당 과정을 통해 ATP를 공급받고, 마라톤 선수는 주로 미토콘드리아에서 산화적 인산화를 통해 ATP를 공급받는다. 이러한 단거리 선수와 마라톤 선수의 근육 세포의 특성을 진핵세포의 진화 과정에서 일어난 미토콘드리아, ATP, 산소와의 관계와 관련지어 유추할 수 있는지를 평가한다.

## 6. 채점기준

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	다세포 생물의 발생과정에서 세포 분화가 일어남을 이해하고 서술하였음: 5점 세포 분화 과정에서 유전자의 발현이 세포마다 다르게 일어나고 조절됨을 이해하고 추론하였음: 5점	10
1-2	세포호흡 과정이 해당과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로 및 산화적 인산화 과정으로 구성되어 있음을 적절한 용어로 설명하였음: 5점 세포호흡의 각 과정에서 일어나는 물질들의 화학 반응을 산화와 환원과정과 관련지어 잘 설명하였음: 5점	10
1-3	단거리 선수와 마라톤 선수의 근육 세포에서 ATP 생산을 위한 세포호흡 과정을 산소, 해당과정, 미토콘드리아와 관련지어 이해하고 적절하게 추론하였음: 5점 단거리 선수와 마라톤 선수의 근육 세포의 특성을 진핵세포의 진화 과정에서 미토콘드리아, ATP, 산소와의 관계와 관련지어 추론하였음: 5점	10

## 7. 예시답안

### (1-1)

다세포 생물은 하나의 수정란으로부터 발생하여 다양한 기능을 지닌 수많은 세포로 분화하여 하나의 개체를 형성하게 된다. 이러한 분화 과정에서 대부분의 세포는 유전정보를 동일하게 유지하지만 유전자의 발현 방식은 매우 다양하다. 동일한 유전자라 하더라도 어떤 세포에서는 발현이 잘 되는 것도 있고, 어떤 세포에서는 발현이 전혀 이루어지지 않는 세포도 있으며, 특정한 시기나 조건에서만 발현이 이루어지는 유전자들도 있다.

각 세포가 분화할 때 특정 유전자들이 발현하여 기능하기 위해서 전사와 번역 과정을 거쳐 단백질 합성이 이루어져야 한다. 발생과정에서 근육 세포의 분화는 근육 모세포(전구체 세포)로부터 이루어지는데, 핵심 조절 유전자 *MyoD*라는 유전자의 발현을 통해 만들어지는 전사인자인 *MyoD*가 중요한 기능을 담당한다. 이와 같은 전사인자에 의한 전사 조절을 통해 근육 세포가 분화하고, 이 근육 세포에서 근육 원섬유가 만들어지게 된다. 신경 세포로 분화하는 세포는 이와 같은 전사조절이 이루어지지 않고, 신경 세포 형성을 위한 다른 전사조절이 이루어지게 되므로 근육 세포의 분화 과정과 같은 일은 일어나지 않게 된다.

따라서, 근육 세포와 신경 세포가 모두 같은 유전자를 가지고 있다고 하더라도 각 세포가 분화하는 과정에서 유전자 발현이 다르게 조절되므로 신경 세포에서는 근육 세포에서 발달하는 근육 원섬유가 잘 발달하지 않는다.

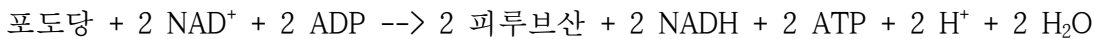
### (1-2)

세포호흡을 통해 ATP를 생산하는데 세포호흡은 해당과정, 피루브산의 산화 및 TCA회로, 전자

전달계와 화학삼투를 통한 산화적 인산화의 과정으로 진행된다.

### (1) 해당과정

해당과정은 세포질에서 일어나는데 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정으로 2 분자의 ATP가 형성된다. 포도당이 산화하여 피루브산이 되는 과정에서  $\text{NAD}^+$ 가 환원되어 NADH를 형성한다.



### (2) 피루브산의 산화 및 TCA회로

산소가 존재할 때 해당과정에서 생성된 피루브산은 미토콘드리아의 기질로 능동 수송되어 미토콘드리아 기질에서 피루브산의 산화 및 TCA회로를 거치게 된다. 이 과정에서 피루브산이 산화되고  $\text{NAD}^+$ 와 FAD가 환원되어  $\text{CO}_2$ , NADH,  $\text{FADH}_2$ 가 생성된다.



### (3) 산화적 인산화

#### 1) 전자전달계

해당과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로에서 생성된 NADH와  $\text{FADH}_2$ 는 미토콘드리아 내막에 존재하는 전자전달계에 고에너지 전자를 전달한다. 고에너지 전자가 전자 전달계를 따라 이동하면서 산화 환원 과정을 통해 에너지를 단계적으로 방출한다. 이 과정에서 NADH,  $\text{FADH}_2$ 가 산화되어  $\text{NAD}^+$ , FAD를 형성하고, 에너지 수준이 낮아진 전자는 산소에 전달되어 산소가 환원되어  $\text{H}_2\text{O}$ 를 형성한다.

#### 2) 화학삼투

전자전달계를 거치는 과정에서 미토콘드리아 기질에서 막사이 공간으로 이동한  $\text{H}^+$  이온으로 인해 막사이 공간이 높은  $\text{H}^+$  이온 농도를 형성하여 화학삼투를 유발하게 된다.  $\text{H}^+$  이온이 미토콘드리아 기질로 다시 들어오는 과정에서 내막에 존재하는 ATP 합성 효소에 의해 ATP가 생성된다.



### (1-3)

육상 선수 중 단거리 선수와 마라톤 선수 모두 근육 운동에 필요한 에너지를 ATP 형태로 공급받아야 한다.

단거리 선수는 숨을 거의 쉬지 않고 달리면서 짧은 시간 동안 골격근 수축과 이완에 많은 ATP를 필요로 하므로 산소에 의존적이지 않은 해당과정과 젖산 발효를 통해 주로 ATP를 생산하게 될 것이다. 따라서, 산소가 많지 않은 환경의 근육 세포는 미토콘드리아를 많이 가지고

있지 않으며, 대신 해당과정과 젖산발효에 필요한 효소가 많이 존재할 것이다.

마라톤 선수는 장시간 동안 골격근 수축과 이완을 위해 ATP가 필요하므로 산소를 이용하는 세포호흡이 일어날 것이다. 따라서, 근육 세포는 산소를 충분히 활용하여 에너지를 생산할 수 있도록 미토콘드리아를 많이 가지고 있어 TCA 회로 및 산화적 인산화 과정을 통해 많은 양의 ATP를 생산할 수 있게 될 것이다. 상대적으로 해당과정에 필요한 효소는 적게 존재할 것이다.

단거리 선수와 장거리 선수의 근육 발달 특성을 비교하여 볼 때 단거리 선수의 근육 세포는 미토콘드리아와 공생관계를 형성하기 이전의 숙주 세포와 비슷한 특성을 보이고, 장거리 선수의 근육 세포는 미토콘드리아와 공생관계를 형성한 이후의 숙주세포와 비슷한 특성을 보인다고 할 수 있다.

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 생명과학문제1에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### <문제 1-1>

생명과학Ⅰ의 '항상성과 몸의 조절'과 생명과학Ⅱ의 '유전자 발현과 조절'에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학Ⅰ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)과 생명과학Ⅱ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

진핵세포의 세포 분화과정에서 전사인자에 의해 근육 모세포가 근육세포로 분화된다는 것과 MyoD와 같은 핵심 조절 유전자에 의해 어떤 전사 인자가 합성되어 전사를 조절하는 지, 근육 세포에 근육 원섬유가 발달하여 액틴과 마이오신의 상호작용에 의해 근수축이 진행된다는 것을 모두 서술하는 것이 관건인 문제입니다.

수험생들이 제시문을 참고하여 세포 분화 과정에 대한 대략적인 내용의 답안작성은 가능하지만 핵심 조절 유전자와 전사인자에 의한 전사조절에 대한 서술은 실력에 따라 답안 수준의 차이가 발생할 것으로 예상됩니다. 난이도는 '중'으로 판단합니다.

#### <문제 1-2>

생명과학Ⅱ의 '세포 호흡과 광합성'의 내용 중 세포 호흡에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학Ⅱ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

세포 호흡의 전 과정을 해당과정, 피루브산의 산화, TCA 회로, 산화적 인산화의 과정으로 설명하고 각 단계에서 일어나는 물질의 산화 환원 과정을 모두 서술하는 것이 관건인 문제입니다.

수험생들이 세포 호흡의 전반적인 내용에 대해서는 답안을 작성할 수 있지만 각 단계에서 진행되는 물질의 변화와 함께 산화 환원 과정을 서술해야 하므로 실력에 따라 답안 수준의 차이가 발생할 것으로 예상됩니다. 난이도는 '중'으로 판단됩니다.

#### <문제 1-3>

생명과학Ⅰ의 '사람의 물질대사', '항상성과 몸의 조절'과 생명과학Ⅱ의 '세포 호흡과 광합성', '생물의 진화와 다양성'에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학Ⅰ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)과 생명과학Ⅱ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

단거리 선수와 마라톤 선수가 주로 사용하는 호흡 방법의 차이와 그로 인해 발생하는 근육 발달의 차이, 산소 호흡에 관여하는 미토콘드리아 발달 정도의 차이, 산소 공급 방법의 차이를 모두 서술하는 것이 관건인 문제입니다.

많은 수험생들이 단거리 선수는 주로 무산소 호흡을, 마라톤 선수는 산소 호흡을 이용하여 이로 인해 세포 내 미토콘드리아의 수 차이와 해당과정에 필요한 효소의 차이가 있다고 서술할 것으로 예상됩니다.

## 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

### <문제 1-1>

생명과학 I 의 3단원 항상성과 몸의 조절, 생명과학II의 4단원 유전자 발현과 조절에 대한 내용을 이해하고 있는지를 묻는 문항이다. 이 내용은 생명과학 I 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사), 생명과학II 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사)에 자세히 소개되어 있다.

근육을 구성하는 세포에는 근육원섬유가 발달되어 있어 근육의 수축과 이완에 관여한다는 것과 진핵생물에서 세포 분화 조절에는 핵심조절유전자가 관여한다는 것을 이해하고 있다면 문제를 해결할 수 있을 것으로 본다. 동일한 유전자를 가지고 있지만, 근육원섬유를 구성하는 마이오신 단백질이나 액틴단백질이 발현 유무에 따라 신경세포와 근육세포의 차이가 발생하게 된다고 생각해낼 수 있다.

### <문제 1-2>

생명과학II의 3단원 세포호흡과 광합성 중에서 세포호흡과정을 이해하고 있는지를 묻는 문항이다. 이 내용은 생명과학II 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사)에 자세히 소개되어 있다. 세포 호흡 과정에서 포도당이 산화되는 각 단계별로 일어나는 화학 변화 과정을 이해하고 있다면 문제를 해결할 수 있을 것으로 본다.

### <문제 1-3>

생명과학 I 의 2단원 사람의 물질대사, 3단원 항상성과 몸의 조절, 생명과학II의 3단원 세포호흡과 광합성, 5단원 생물의 진화와 다양성에 대한 내용을 이해하고 있는지를 묻는 문항이다.

이 내용은 생명과학 I 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사), 생명과학II 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사)에 자세히 소개되어 있다.

단거리 선수의 경우, 산소 호흡보다는 짧은 시간에 다량의 ATP가 필요하므로 젖산 발효에 의해 생성되는 ATP량이 많아지는 방향으로 발달하게 되고, 마라톤 선수의 경우, 긴 시간 동안 달리기에는 지속적으로 ATP가 공급되어야하므로 미토콘드리아가 많이 발달하는 방향으로 근육세포가 발달하게 됨을 생각해 낼 수 있다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### <문제 1-1>

생명과과학 I의 '항상성과 몸의 조절' 단원의 근육 섬유의 구조에 대해 이해하고, 이를 생명과학 II의 '유전자 발현과 조절'의 내용 요소를 바탕으로 설명할 수 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 생명과학 I 5종 교과서(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)와 생명과학 II 5종 교과서(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 기재된 내용입니다. 용어, 기호, 문항 해설이 고등학교 교육과정 수준에 적합하며, 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

다세포 생물의 발생 과정에서 세포의 분화가 전사인자의 차이에 다르게 진행됨을 이해하고, 진핵세포의 유전자 발현 조절에 관여하는 MyoD와 같은 핵심조절인자의 기능에 대하여 서술하는 것이 핵심입니다. 난이도는 '중'으로 판단합니다.

#### <문제 1-2>

생명과과학 II의 '세포 호흡과 광합성'의 내용 중 세포 호흡에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학 II 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다. 세포 호흡의 전 과정을 해당과정, 피루브산의 산화 및 TCA 회로, 전자전달계와 산화적 인산화 단계로 구분하고, 각 과정의 물질대사를 산화 환원 과정으로 명확히 설명하는 것이 핵심인 문항입니다. 변화하는 물질의 이름을 암기하고 답하는 것은 가능할 것으로 보입니다. 난이도는 '중'으로 판단합니다.

#### <문제 1-3>

생명과과학 I의 '사람의 물질대사', '항상성과 몸의 조절' 내용 요소에 대한 이해를 바탕으로 생명과학 II의 '세포 호흡과 광합성', '생물의 진화와 다양성'의 내용을 이해해야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학 I 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)과 생명과학 II 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

단거리 선수와 마라톤 선수의 운동 시간 및 운동 형태의 차이를 통해 ATP 공급 방식에 대한 차이를 추론하고, 이를 바탕으로 두 선수 사이의 근육 발달 차이 및, 미토콘드리아의 발달 정도 차이를 미토콘드리아 공생 전·후의 진핵세포와 비교하는 것이 핵심인 문항입니다. 단거리 선수는 주로 무산소 호흡을 사용하며, 마라톤 선수는 산소 호흡을 주로 사용한다는 사실을 바탕으로 미토콘드리아 수 발달을 추론하는 것은 일반적인 수험생에게도 가능할 것으로 보입니다.

[문항카드 10-2]

[연세대학교 미래캠퍼스 문항정보]

1. 일반정보

유형	<input checked="" type="checkbox"/> 논술고사 <input type="checkbox"/> 면접 및 구술고사	
전형명	논술우수자 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	의예과(생명과학)/ 2	
출제 범위	교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학II
	핵심개념 및 용어	생명 과학 연구 방법, 연역적 탐구 방법, 제한 효소, 유전체, 핵치환
예상 소요 시간	15분	

2. 문항 및 제시문

(가) 생명과학의 탐구 방법에는 귀납적 탐구 방법과 연역적 탐구 방법이 있는데, 귀납적 탐구 방법은 여러 가지 관찰 결과를 종합하고 분석하여 일반적인 원리나 법칙을 이끌어 내는 탐구 과정이고, 연역적 탐구 방법은 문제에 대한 해답으로써 가설을 세우고 이를 실험으로 검증하는 탐구 과정이다.

(나) 제한 효소는 세균이 자기 세포 안으로 침입한 외부 DNA를 제거할 때 사용하는 효소로, 대장균을 연구하는 과정에서 발견되었다. 제한 효소는 특정 염기 서열을 인식하여 그 부위의 DNA를 자른다. 제한 효소마다 인식하는 염기 서열이 다르므로 다양한 제한 효소를 골라서 사용하면 원하는 DNA 부위를 자를 수 있다.

(다) 사람 유전체 사업을 통해 얻어진 유전체 DNA 서열을 각 개인의 유전체 DNA 서열과 비교하면 여러 부분의 DNA 염기 서열에서 차이가 있음이 발견된다. 또한, 사람 유전체에는 특정 염기 서열이 반복적으로 나타나는 부위가 있는데, 이러한 반복 서열의 반복 횟수는 사람마다 달라 유전체 분석에 많이 활용된다.

(라) 복제양 돌리는 면양 A로부터 젖샘세포를 채취하고, 면양 B에서 얻어진 난자에서 핵을 제거한 후 젖샘 세포와 무핵 난자를 전기 자극으로 세포 융합시켜 핵치환된 복제란을 얻은 다음, 복제란을 대리모 면양 C에 이식하여 출생하게 되었다.

[문제 2] 김연세 연구원은 자신이 키우는 고양이 '사랑이'를 제시문 (라)에서 적용한 방법과 동일한 방식으로 고양이 체세포 복제를 수행하여 새끼 고양이 '새사랑이'를 얻었다. 그는 '새사랑이'가 실제 체세포 복제를 통해 태어났는지를 입증하기 위해 제시문 (나) - (라)에 나와 있는 내용을 바탕으로 수행할 연구를 계획하였다. 김 연구원이 제시문 (가)의 연역적 탐구 방법으로 연구를 수행할 때, 그에 따른 연구 과정을 서술하시오. [단, 제시문 (다)의 사람 유전체 특성이 다른 포유동물에서도 같다고 가정함]

### 3. 출제 의도

1. 생명 과학의 탐구 방법인 귀납적 탐구 방법과 연역적 탐구 방법을 이해하는지를 평가한다.
2. 생명 공학적 방법을 이해하고 연역적 탐구 방법에 맞춰 연구 과정을 적절하게 설명할 수 있는지를 평가한다.

### 4. 문항 및 제시문의 출제근거

#### 1. 교육과정 근거

적용 교육과정	교육부 고시 제2015-74호[별책 9] “과학과 교육과정”	
관련 성취기준	영역별 내용	
	제시문	(가) [12생과 I 01-03] 생명과학 탐구 방법을 이해하고 생명과학에서 활용되고 있는 다양한 탐구 방법을 비교할 수 있다.
		(나) [12생과 II 06-01] DNA 재조합 기술의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
		(다) [12생과 II 01-02] 생명과학 발달에 기여한 주요 발견들에 사용된 연구 방법들을 조사하여 발표할 수 있다.
		(라) [12생과 II 06-02] 핵치환, 조직 배양, 세포 융합의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
	하위문항 2	[12생과 II 01-02] 생명과학 발달에 기여한 주요 발견들에 사용된 연구 방법들을 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 I 01-03] 생명과학 탐구 방법을 이해하고 생명과학에서 활용되고 있는 다양한 탐구 방법을 비교할 수 있다. [12생과 II 06-01] DNA 재조합 기술의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 06-02] 핵치환, 조직 배양, 세포 융합의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

#### 2. 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학 I	권혁빈 외	교학사	2020	22~25
	고등학교 생명과학 I	오현선 외	미래엔	2020	26~29
	고등학교 생명과학 I	심규철 외	비상교육	2020	15~18
	고등학교 생명과학 I	전상학 외	지학사	2019	22~25
	고등학교 생명과학 I	이준규 외	천재교육	2020	19~22
	고등학교 생명과학 II	권혁빈 외	교학사	2020	19, 181~190
	고등학교 생명과학 II	오현선 외	미래엔	2020	20, 194~199
	고등학교 생명과학 II	심규철 외	비상교육	2020	15, 195~199
	고등학교 생명과학 II	전상학 외	지학사	2020	15, 192~194, 202~204
	고등학교 생명과학 II	이준규 외	천재교육	2020	15, 189~194, 199

## 5. 문항해설

생명 과학의 탐구 방법 중에서 연역적 탐구 방법은 문제에 대한 가설을 설정하고 실험 설계 및 수행을 하게 되는데, 이때 실험 결과의 타당성을 높이기 위해 대조군을 정하고 실험군과 비교하는 실험을 수행한다. 이후 실험 결과 정리와 분석, 결론 도출 및 일반화하는 과정을 거치게 된다. 다양한 생명 공학 방법 중 핵치환 기술을 이해하고 핵치환 과정을 연역적 연구 방법으로 실험 과정을 이해하고 적절하게 설명할 수 있는지를 평가한다.

## 6. 채점기준

하위 문항	채점 기준	배점
2	생명 과학의 탐구 방법인 연역적 탐구 방법을 이해하고 이에 따라 서술하였음: 5점 생명공학 방법을 이해하고 연역적 탐구 방법에 맞춰 적절한 용어를 사용하여 논리적으로 기술하였음: 5점	10

## 7. 예시답안

연역적 탐구 방법은 문제에 대한 가설을 설정하고 실험 설계 및 수행을 하게 되는데, 이때 실험 결과의 타당성을 높이기 위해 대조군을 정하고 실험군과 비교하는 실험을 수행한다. 이후 실험 결과 정리와 분석, 결론 도출 및 일반화하는 과정을 거치게 된다.

### (1) 가설 설정

복제 고양이 입증을 위한 연구에서 체세포 복제가 정상적으로 이루어졌다면 개체별로 다르게 나타나는 유전체 부위가 복제된 고양이와 체세포를 제공한 고양이에서는 동일하고, 난자를 제공한 고양이 및 대리모 고양이에서는 다르게 나타나야 한다. 따라서, 가설은 '새로 태어난 복제 고양이(새사랑이)의 유전체는 체세포를 제공한 고양이(사랑이)의 유전체와 동일하다'라고 설정할 수 있다.

### (2) 실험 설계 및 수행

제시문에 나와 있는 정보를 바탕으로 한 실험 방법은 각각의 고양이로부터 유전체를 얻고 이 유전체에서 유전 정보 차이를 제한 효소 처리를 통해 비교하는 것이다.

1. 유전체 분석을 위해 체세포를 제공한 고양이(사랑이), 난자를 제공한 고양이, 대리모 고양이, 태어난 복제 고양이(새사랑이)로부터 유전체를 확보한다.
2. 체세포를 제공한 고양이(사랑이) 또는 복제 고양이(새사랑이)로부터 얻은 유전체 정보를 대조군으로 설정한다.
3. 확보한 유전체를 개체별로 차이를 보이는 유전자 서열 부위를 제한 효소 처리를 통해 비교한다.

### (3) 결과 분석 및 해석

각 고양이 유전체로부터 얻어진 제한 효소 처리 결과가 개체별로 어떻게 나타나는지를 확인한다.

1. 제한 효소 처리 결과 복제 고양이(새사랑이)의 유전체가 체세포를 제공한 고양이(사랑이) 유전체와 동일하고 난자를 제공한 고양이 및 대리모 고양이와 다르다면 정상적으로 복제를 통해 태어난 고양이라고 판단한다.
2. 복제 고양이(새사랑이)의 유전체가 체세포를 제공한 고양이(사랑이)의 유전체와 다르다면 복제를 통해 태어난 고양이가 아니라고 판단한다.

### (4) 결론 도출

새로 태어난 복제 고양이(새사랑이)의 유전체가 체세포를 제공한 고양이(사랑이)의 유전체와 동일하므로 복제 고양이(새사랑이)는 체세포 핵치환 복제를 통해 태어난 것이 맞다고 결론을 내린다.

## ■ 논술우수자 전형(창의인재-의예과) 생명과학문제2에 대한 고교교사 검토 의견

### 1. 출제입실 점검 고교교사 의견(A교사)

#### <문제 2>

생명과학 I의 '생명과학의 탐구 방법'과 생명과학II의 '생명공학 기술과 인간생활'에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학 I 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)과 생명과학II 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

체세포 복제 여부를 확인할 수 있는 가설 설정 및 탐구과정 설계, 제한효소를 이용하여 고양이마다 차이가 나는 특정 염기서열의 반복 횟수를 확인하는 실험 과정을 모두 서술하는 것이 관건인 문제입니다.

수험생들이 체세포 복제 과정에 대한 설명과 복제 고양이와 체세포 제공 고양이의 유전정보가 동일하며 이를 제한효소를 이용하여 확인할 수 있다는 내용에 대해 답안을 작성할 수 있다고 예상됩니다.

### 2. 출제입실 점검 고교교사 의견(B교사)

#### <문제 2>

생명과학 I의 1단원 생명과학의 탐구 방법, 생명과학II의 6단원 생명공학기술에 대한 내용을 이해하고 있는지를 묻는 문항이다.

이 내용은 생명과학 I 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사), 생명과학II 교과서(교학사, 비상교육, 미래엔, 천재교육, 지학사)에 자세히 소개되어 있다.

연역적 탐구 과정에 따라 고양이 체세포 복제를 통해 태어난 새끼 고양이의 DNA가 체세포를 제공한 고양이의 DNA와 일치하는지를 알아보는 연구를 계획할 수 있다.

각 고양이에서 추출한 DNA를 특정 염기 서열이 반복되는 부위를 제한효소를 이용하여 절단했을 때, 동일한 DNA라면 이 반복횟수 동일하게 되므로 DNA를 분석한 결과가 동일하게 나타나게 될 것이라고 연구과정을 어렵지 않게 서술할 수 있을 것이다.

### 3. 선행학습 영향평가 위원회 고교교사 의견(C교사)

#### <문제 2>

생명과학 I 의 '생명과학의 탐구 방법'과 생명과학Ⅱ의 '생명공학 기술과 인간생활'에 대한 내용을 이해하고 있어야 풀이가 가능한 문항입니다. 교과서 확인 결과 생명과학 I 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)과 생명과학Ⅱ 교과서 5종(교학사, 미래엔, 비상교육, 지학사, 천재교육)에 모두 기재된 내용입니다. 고등학교 교육과정 수준에 적합하며 용어, 기호, 문항 해설에서 교육과정을 넘어서는 요소는 없었습니다.

체세포 복제 여부를 확인할 수 있는 적절한 탐구과정을 설계하며, 이 과정에서 제한 효소를 활용한 특정 반복서열의 차이를 비교하는 실험 방법을 서술하는 것이 핵심인 문제입니다.

대부분의 수험생이 체세포 복제 과정 서술 및 세포 공여자와 수여자 사이의 관계를 반복서열 비교를 통해 검증할 수 있음을 설명할 수 있을 것이라 생각됩니다.