▣ 논술전형 수학 : 문항카드 5

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(수학) / 1번〔1-1, 1-2, 1-3〕문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**기하와 벡터, 미적분Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**타원의 방정식, 초점, 삼각함수**
예상 소요 시간	25분 / 총 90분	

2 문항 및 제시문

[제시문 1]

좌표평면 위의 두 초점 $\mathrm{F}(4,0)$, $\mathrm{F}'(-4,0)$**로부터 거리의 합이** 10**인 타원** C**가 있다. 타원** C **위의 점** $\mathrm{P}(x,y)$**와 초점** $\mathrm{F}'(-4,0)$**를 지나는 직선이** x**축의 양의 방향과 이루는 각을** α**라 하고, 점** $\mathrm{P}(x,y)$**와 초점** $\mathrm{F}(4,0)$**를 지나는 직선이** x**축의 양의 방향과 이루는 각을** β**라 하자.**

[1-1] 타원 C**의 방정식을 구하시오. [5점]**

[1-2] $\cos\alpha=\frac{7}{8}$ **(단,** $0<\alpha<\frac{\pi}{2}$**)일 때, 선분** PF'**의 길이를 구하시오. [5점]**

[1-3] $\cos\alpha=\frac{7}{8}$ **(단,** $0<\alpha<\frac{\pi}{2}$**)일 때,** $\tan\beta$**의 값을 구하시오. [5점]**

3 출제 의도 (1~4번 문항 공통)

고등학교 교과과정에서 배우는 기하와 벡터, 미적분II, 수학II, 확률과 통계 과목에서 문제를 출제하였다. 구체적으로 타원의 방정식, 정적분의 기초적인 성질, 수열의 합, 확률의 기본적인 개념 및 원리를 바탕으로 출제하였다. 제시된 조건을 정확히 이해하고 문제를 분석하고 관찰하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가하는데 초점을 두었다. 기초 개념의 정확한 이해를 바탕으로 주어진 문제를 학생들의 스스로의 힘으로 해결할 수 있는지를 확인하는 문제를 출제하였다.

5 수학 1-1, 1-2, 1-3번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책8] "수학과 교육과정"**	
관련	**과목명: 기하와 벡터**	관련

성취 기준			
	교육 과정 내용	**[기하와 벡터]** - (가) 평면곡선 - 1 이차곡선 ② 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다.	1번 문항
	성취 기준1	기벡1112. 타원의 뜻을 알고, 타원의 방정식을 구할 수 있다.	
		과목명: 미적분 Ⅱ	관련
	교육 과정 내용	**[미적분Ⅱ]** - (나) 삼각함수 - 1 삼각함수의 뜻과 그래프 ② 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다.	1번 문항
	성취 기준1	미적2212-1. 삼각함수의 뜻을 알고, 간단한 삼각함수의 값을 구할 수 있다.	
		과목명: **미적분 Ⅱ**	관련
	교육 과정 내용	**[미적분Ⅱ]** - (나) 삼각함수 - 2 삼각함수의 미분 ① 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다.	1번 문항
	성취 기준1	미적2221-1. 코시컨트함수, 시컨트함수, 코탄젠트함수의 뜻을 알고, 삼각함수 사이의 관계를 이해한다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
기하와 벡터	신항균 외	지학사	2014	19-24	○
기하와 벡터	이강섭 외	미래엔	2014	17-24	○
미적분Ⅱ	김창동 외	교학사	2014	60-64	○
미적분Ⅱ	김원경 외	비상교육	2014	51-56	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

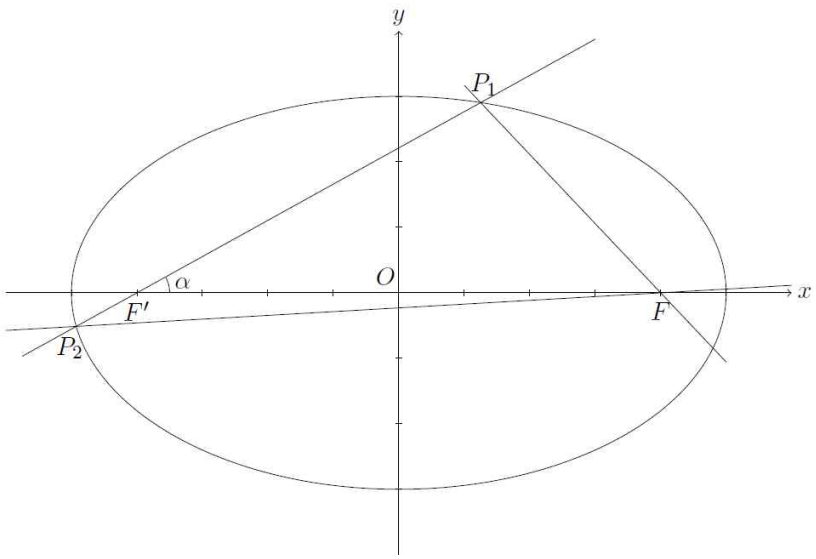
도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

6 문항 해설

[제시문1(1-1, 1-2, 1-3)]

- 타원의 정의를 이용하여 타원의 방정식을 구할 수 있다.
- 타원의 기하학적 성질과 삼각함수의 성질을 활용할 수 있다.

⑦ 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
[1-1]	$\frac{x^2}{25}+\frac{y^2}{9}=1$ **[채점기준]** [상] : 계산 과정이 논리적일 뿐만 아니라 요구하는 정답까지 맞은 경우 [중] : 계산 과정은 맞으나 답을 도출하는 과정에서 경미한 실수를 범한 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	5
[1-2]	 선분 PF'의 길이를 L이라 하면 i) $P=P_1$인 경우 $(10-L)\sin\beta = L\sin\alpha$ $(10-L)\cos\beta = L\cos\alpha - 8$ 두 식을 제곱해서 더하고 정리하면 $\Rightarrow L = 6$ ii) $P=P_2$인 경우 $(10-L)\sin\beta = L\sin\alpha$ $(10-L)\cos\beta = L\cos\alpha + 8$ $\Rightarrow L = \frac{18}{17}$ **[채점기준]** [상] : ⅰ), ⅱ)에 대한 계산 과정 뿐만 아니라 요구하는 정답 모두 맞은 경우 [중] : 계산 과정은 맞으나 도출 과정에서 답이 하나만 맞은 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	5

[1-3]	앞에서 구한 두 식을 나누면 i) $P=P_1$인 경우 $\tan\beta=\frac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha-8}=\frac{6\sin\alpha}{6\cos\alpha-8}$ 따라서 $\Rightarrow\tan\beta=-\frac{3\sqrt{15}}{11}$ ii) $P=P_2$인 경우 $\tan\beta=\frac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha+8}=\frac{\frac{18}{17}\sin\alpha}{\frac{18}{17}\cos\alpha+8}$ $\Rightarrow\tan\beta=\frac{9\sqrt{15}}{607}$ **[채점기준]** [상] : ⅰ), ⅱ)에 대한 계산 과정 뿐만 아니라 요구하는 정답 모두 맞은 경우 [중] : 계산 과정은 맞으나 도출 과정에서 답이 하나만 맞은 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	5

8 예시 답안

■ 예시답안

[1-1]

두 초점 $F(c,0)$, $F'(-c,0)$에서의 거리의 합이 $2a$인 타원의 방정식은

$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ (단, $a>c>0$, $b^2=a^2-c^2$)

여기서, $2a=10$이므로 $a=5$이다.

또한 $c=4$이므로, $b^2=5^2-4^2=9$가 되어 $b=3$이다.

따라서 타원의 방정식은 $\frac{x^2}{25}+\frac{y^2}{9}=1$이다.

[1-2]

선분 PF'의 길이를 L이라 하면 선분 PF의 길이는 $10-L$ 이다.

선분 FF'의 길이가 8이므로, 삼각비에 의하여 다음 관계가 성립한다.

$L\sin\alpha=(10-L)\sin\beta,\quad L\cos\alpha+(10-L)\cos(\pi-\beta)=8.$

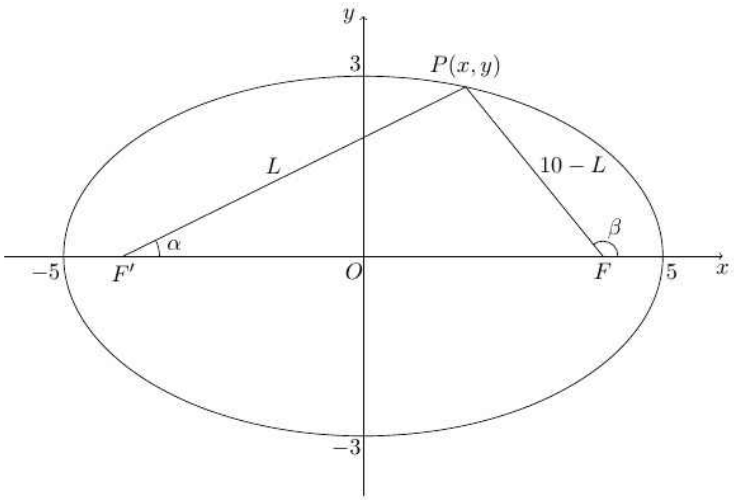
두 식을 정리하여

$(10-L)\sin\beta = L\sin\alpha,\ (10-L)\cos\beta = L\cos\alpha - 8$

로 두고 제곱해서 더하면

$(10-L)^2 = L^2 - 16L\cos\alpha + 64$ 이 되므로

$$L = \frac{36}{20-16\cos\alpha} = 6.$$



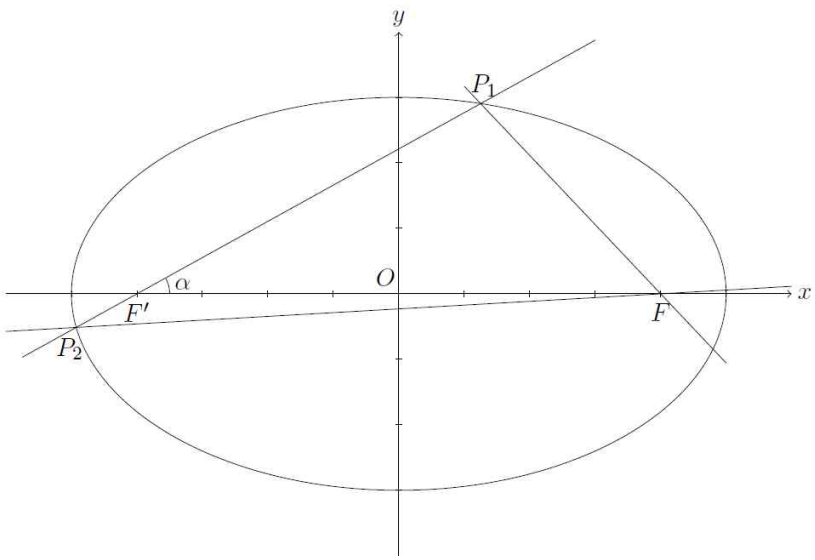
그런데, 점 P가 아래의 그림과 같이 P_2의 위치에 있을 때도 직선과 x축의 양의 방향과 이루는 각은 α이다. 이때에는 다음 관계가 성립한다.

$L\sin\alpha = (10-L)\sin\beta,\quad (10-L)\cos\beta - L\cos\alpha = 8.$

이를 이항하여 제곱해서 더하면

$(10-L)^2 = L^2 + 16L\cos\alpha + 64$ 가 되므로

$$L = \frac{36}{20+16\cos\alpha} = \frac{18}{17}.$$



[1-3]

점 P가 P_1의 위치에 있을 때, 위에서 구한 두 식

$(10-L)\sin\beta = L\sin\alpha,\ (10-L)\cos\beta = L\cos\alpha - 8$ 으로부터

$\tan\beta = \dfrac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha - 8} = \dfrac{6\sin\alpha}{6\cos\alpha - 8}$ 을 얻는다.

여기서 $\cos\alpha = \dfrac{7}{8}$ 이므로 $\sin\alpha = \dfrac{\sqrt{15}}{8}$ 이고 따라서 $\tan\beta = -\dfrac{3\sqrt{15}}{11}$.

점 P가 P_2의 위치에 있을 때, 위에서 구한 두 식

$(10-L)\sin\beta = L\sin\alpha,\ (10-L)\cos\beta = L\cos\alpha + 8$ 으로부터

$$\tan\beta = \frac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha + 8} = \frac{\frac{18}{17}\frac{\sqrt{15}}{8}}{\frac{18}{17}\frac{7}{8} + 8} = \frac{9\sqrt{15}}{607}.$$

■ 입실교사(A) 검토의견

1. 범위

- 기하와 벡터의 이차곡선 중에서도 타원의 정의를 정확하게 이해하고 있는지를 확인하고자 하는 문항이다. 타원의 정의를 바탕으로 타원의 방정식을 정하고, 타원 위의 한 점에서 두 초점까지의 거리의 합이 장축의 길이와 같다는 사실로부터 문항[1-2], [1-3]을 접근할 수 있으며, 간단한 삼각함수의 정의를 이용하여 계산을 해나갈 수 있는지를 평가하는 문제이다.

2. 수준

- 논술문제의 첫 번째 문제인 만큼 난도는 어렵지 않으며, 교육과정을 충실히 이해한 학생이라면 누구나 해결할 수 있으리라 판단된다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 응시자가 큰 어려움 없이 해결할 수 있는 문제로서 고등학교 교육과정 수준에 적합하다.

■ 입실교사(B) 검토의견

1. 범위

- 타원의 방정식을 구하고 타원의 정의로부터 여러 가지 성질을 활용하여 문제를 해결하고 그 해결방법에 삼각함수의 기초적인 지식을 바탕으로 한다.

2. 수준

- 문항[1-1]은 성취수준 '하'에 해당하며 타원에 대한 지식적 측면을 평가하며, 문항[1-2]와 [1-3]은 성취수준 '중'에 해당하며 타원의 정의와 삼각함수의 성질에 대한 이해적 측면을 평가하는 수준이며 고등학교 성취수준에 적합하다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 수험생들의 답안작성은 고등학교 교육과정에서 배우고 익히는 기호와 표현이 가능할 것으로 예상되며 채점 기준도 명확한 평가이다.

■ 입실교사(C) 검토의견

1. 범위

- [제시문1]에서 두 초점의 좌표와 두 초점으로부터의 거리의 합이 10인 타원이 제시되어 있다. 제시된 두 직선이 이루는 각을 이용하여 선분 $\mathrm{PF'}$의 길이 및 $\tan\beta$의 값을 구하는 것은 고등학교에서 충분히 학습하는 내용이다. 따라서 [제시문1]에 해당하는 문항 [1-1]. [1-2]. [1-3]은 모두 고등학교 교육과정의 범위 내에서 출제되었다.

2. 수준

- 문제 [1-1]에서 묻는 타원의 방정식은 타원의 정의를 이용하여 쉽게 구할 수 있다. 문제에서 구하는 타원의 방정식은 기본적인 형태로서 성취기준 '기벡1112'에 부합된다.
- 문제 [1-2], [1-3]은 제시문에서 제시된 타원과 두 초점을 각각 지나는 직선의 방정식을 그림으로 그린 후, 타원의 성질과 삼각함수의 성질을 이용하여 구할 수 있다. 타원의 정의와 삼각함수의 성질을 이용하여 선분의 길이와 삼각함수의 값을 구하는 문제이므로 성취기준 '미적2213'에 부합된다. 따라서 [제시문1]에 해당하는 문항 [1-1]. [1-2]. [1-3]은 모두 고등학교 교육과정의 수준을 넘지 않았다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 채점 기준은 모두 고등학교 교육과정 내에서 제시되었다.

⑨ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

【제시문 1】

이차곡선의 타원의 두 초점과 타원 위의 점에서 두 초점에 이르는 거리의 합이 제시되었다. 초점과 두 초점으로부터 거리의 합이 주어져 있으므로 타원의 정의에 의하여 방정식을 구할 수 있다. 교과서의 기본적인 개념으로 고교 교육과정을 이수한 학생이면 모두 알고 있는 내용이다. 타원의 정의에 의하여 방정식을 구할 수도 있지만 타원의 방정식이 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$일 때 거리의 합 $2a$와 초점의 좌표를 이용하면 더 간단하게 타원의 방정식을 구할 수 있다.

타원 위의 점 $\mathrm{P}(x,,y)$에서 초점 $\mathrm{F'}$, F를 지나는 직선 $\mathrm{PF'}$과 직선 PF가 x축의 양의 방향과 이루는 각을 각각 α, β라 한다. 삼각함수를 이용할 수 있도록 기본적인 각이 제시되었다.

[1-1]

타원의 방정식을 구하는 문제이다. 교과서 수준의 기본적인 문제로 타원의 정의를 이용하여 $\sqrt{(x+4)^2+y^2}+\sqrt{(x-4)^2+y^2}=10$을 정리하여 구하는 방법이 있지만 타원의 방정식이 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$일 때 타원 위의 점에서 두 초점에 이르는 거리의 합은 $2a$, 초점의 좌표 $c=\pm\sqrt{a^2-b^2}$을 이용하면 간단하게 $\frac{x^2}{5^2}+\frac{y^2}{3^2}=1$ 구할 수 있다.

고교 교육과정을 이수한 학생이면 모두 구할 수 있는 기본적인 수준의 내용이다.

[1-2]

제시문에 의하여 타원이 주어져 있다. 타원 위의 점 P와 초점 F′을 지나는 직선이 축의 양의 방향과 이루는 각이 $\cos\alpha=\frac{7}{8}$로 주어져 있으며 삼각함수를 이용하여 선분 PF′의 길이를 구하는 문제이다. 점 P의 위치에 따라 두 가지 경우로 나누어 선분 PF′의 길이를 구하는 것을 생각하기가 쉽지 않다.

선분 PF′의 길이를 L이라 하고 삼각함수의 정의를 이용하여 식을 구하면

ⅰ) $(10-L)\sin\beta=L\sin\alpha,\quad (10-L)\cos\beta=L\cos\alpha-8$

ⅱ) $(10-L)\sin\beta=L\sin\alpha,\quad (10-L)\cos\beta=L\cos\alpha+8$

두 가지 경우 따로 L을 구해야 한다.

대부분의 학생들은 $0<\alpha<\frac{\pi}{2}$이고, $\cos\alpha=\frac{7}{8}$이므로 점 P에서 x 축에 내린 수선이 발 H는 선분 F′F 위에 있으므로 점 P에서 선분 F′F내린 수선의 발 H를 내리고 삼각형 PF′H와 삼각형 PHF에서 피타고라스 정리를 이용하여 L을 구한다. 이런 경우는 L의 길이가 한 가지 경우만 구하게 된다. 이때에도 반대쪽에서 수선의 발을 내리고 피타고라스 정리를 이용할 수 있지만 생각하기 쉽지 않다.

<기하와 벡터> 타원의 성질과 <미적분Ⅱ>의 삼각함수의 성질을 이용하는 문제로 고교 교육과정의 범위 내에서 출제되었으며 문제의 수준 또한 고교수학의 수준에서 출제되었지만 점 P의 위치를 두 가지 경우로 나누어 생각하는 경우는 학생들이 놓치기 쉽다. 두 가지 경우로만 나누면 간단한 계산을 통하여 충분히 해결할 수 있는 수준으로 출제되었다.

[1-3]

[1-2]에서 구한 식으로부터

$\tan\beta=\frac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha-8}$인 경우와 $\tan\beta=\frac{L\sin\alpha}{L\cos\alpha+8}$인 경우로 나누어 구할 수 있다.

[1-2]의 경우와 마찬가지로 두 가지 경우로 나누어 생각하기가 쉽지 않고 [1-2]에서 두 가지 경우로 나누어 푼 경우는 어렵지 않게 간단한 계산으로 구할 수 있다.

미적분Ⅱ의 삼각함수의 성질을 이용하는 문제로 고교 교육과정의 범위 내에서 출제 되었으며 문제의 수준 또한 고교수학의 수준에서 충분히 해결할 수 있는 수준이다.

▣ 논술전형 수학 : 문항카드 6

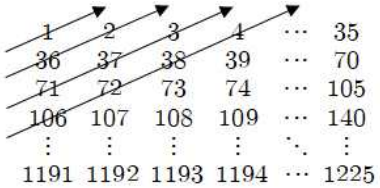
① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사
전형명	수시모집 논술전형

해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(수학) / 3번〔3-1, 3-2〕문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**수학Ⅱ, 확률과 통계**
	핵심개념 및 용어	**합의 기호$\sum$, 수열의 합, 규칙 찾기, 경우의 수**
예상 소요 시간	30분 / 총 90분	

② 문항 및 제시문

자연수 1부터 $35^2(=1225)$ 까지의 숫자가 다음과 같이 나열되어 있다.



위와 같이 왼쪽 아래에서 오른쪽 위로의 대각선 방향으로 순서를 정하여 n번째 숫자를 $f(n)$ $(n=1,2,3,\cdots,1225)$으로 정의한다.

예) $f(1)=1$, $f(2)=36$, $f(3)=2$, $f(4)=71$, $f(5)=37$, $f(6)=3$, ……

[3-1] $f(300)$**의 값을 구하시오. [5점]**

[3-2] $f(n)=n$**을 만족시키는 모든** n**의 값을 구하시오. [10점]**

③ 출제 의도 (1~4번 문항 공통)

고등학교 교과과정에서 배우는 기하와 벡터, 미적분II, 수학II, 확률과 통계 과목에서 문제를 출제하였다. 구체적으로 타원의 방정식, 정적분의 기초적인 성질, 수열의 합, 확률의 기본적인 개념 및 원리를 바탕으로 출제하였다. 제시된 조건을 정확히 이해하고 문제를 분석하고 관찰하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가하는데 초점을 두었다. 기초 개념의 정확한 이해를 바탕으로 주어진 문제를 학생들의 스스로의 힘으로 해결할 수 있는지를 확인하는 문제를 출제하였다.

④ 수학 3-1, 3-2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책8] "수학과 교육과정"**		
관련 성취 기준	과목명: **수학 Ⅱ**		관련
	교육	**[수학Ⅱ] - (**가) 수열 - ① 등차수열과 등비수열	3번

과정 내용	① 수열의 뜻을 안다.	문항
성취 기준1	수학2311. 수열의 뜻을 설명할 수 있다	

과목명: **수학 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	**[수학Ⅱ] -** (가) 수열 - 2 수열의 합	3번 문항
	① $\sum$의 뜻을 알고, 그 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다	
성취 기준1	수학2321. $\sum$의 뜻을 알고, 그 성질을 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	

과목명: **확률과 통계**		관련
교육 과정 내용	**[확률과 통계] -** (가) 순열과 조합 - 1 경우의 수	3번 문항
	① 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수 있다.	
성취 기준1	확통1111. 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
수학Ⅱ	황선욱 외	좋은책 신사고	2014	118-127	○
수학Ⅱ	류희찬 외	천재교과서	2014	142-153	○
수학Ⅱ	이강섭 외	미래엔	2014	124-133	○
확률과 통계	정상권 외	금성출판사	2014	12-17	○
확률과 통계	김창동 외	교학사	2014	12-17	○
확률과 통계	우정호 외	동아출판	2014	12-18	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

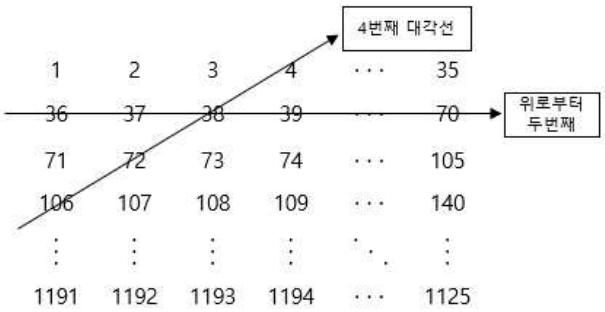
5 문항 해설

[제시문3(3-1, 3-2)]

- 자연수의 수열에서 규칙을 발견하고 간단한 수열의 합을 이용하여 관계식을 구하고

- 관계식이 성립하는 경우의 수를 파악할 수 있는지 확인한다.

⑥ 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
[3-1]	 제시된 그림과 같이 대각선 방향으로 순서를 정한다는 점에서 k번째 대각선에 있는 숫자를 중심으로 생각하는 것이 자연스럽다. k번째 대각선에 있는 숫자들 중에서 위에서부터 j번째 줄의 있는 숫자를 n이라 하면 다음과 같은 규칙을 관찰할 수 있다. ($k \le 35$이라 가정하자.) n을 두 가지 방법으로 나타내면 $n=35(j-1)+(k-j+1)$ 그리고 $n=f((1+2+\cdots+k-1)+(k-j+1))$ $j=1,\ k=24$이면 $\sum_{k=1}^{24} k=\frac{24\times 25}{2}=300$ 따라서 $f(300)=24$ **[채점기준]** [상] : 계산 과정 뿐만 아니라 요구하는 정답까지 모두 맞은 경우 [중] : 계산 과정은 맞으나 도출 과정에서 답이 틀린 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	5
[3-2]	당연히 1, 1225는 조건을 만족한다. 위에서 계산한 두 식을 연립하면 $70(j-1)=(k-1)k$ 연속인 두 수의 곱이 70의 배수가 되는 조건을 이용하면 117, 225, 613 나머지 수는 $k=35$인 대각선에 대칭이다. 따라서 1001, 1109	10

	그러므로 $f(n)=n$을 만족하는 수는 1, 1225, 117, 225, 613, 1001, 1109 총 7개이다. **[채점기준]** [상] : 규칙에 근거해서 자명한 1, 1225를 제외한 5개 이상을 찾은 경우 [중] : 규칙에 근거해서 117, 225, 613, 1001, 1109 다섯 개 중에서 순서에 관계없이 2~4개를 구한 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	

⑦ 예시 답안

■ 예시답안

[3-1]

$1 \le k \le 35$ 일 때, k번째 대각선의 i번째 숫자는 $1+35(k-1)-34(i-1)$ 임을 알 수 있다. (단, $1 \le i \le k$).

한편, k번째 대각선의 i번째 숫자는 $n=1+2+\cdots+(k-1)+i=\frac{k(k-1)}{2}+i$ 번째 숫자이다.

따라서, k번째 대각선의 마지막 숫자는 k이며, $n=\frac{(k-1)k}{2}+k=\frac{k(k+1)}{2}$ 번째 숫자이다.

$n=300$인 숫자가 위치한 대각선을 찾으려면 $\frac{k(k+1)}{2} \le 300$ 을 만족하는 최대의 k를 구하면 된다. 그런데 $k=24$일 때, $\frac{k(k+1)}{2}=\frac{24\times25}{2}=300$ 이므로, $n=300$은 $k=24$번째 대각선의 $i=24$번째 숫자이므로 $1+35\times23-34\times23=24$이다.
따라서, $f(300)=24$이다.

[3-2]

위와 같이 $1 \le k \le 35$ 일 때, k번째 대각선의 i번째 숫자는 $n=\frac{k(k-1)}{2}+i$ 번째 숫자이다.
그런데, k번째 대각선의 i번째 숫자는 $1+35(k-1)-34(i-1)$이므로 $f(n)=n$ 을 만족하려면 $\frac{k(k-1)}{2}+i=1+35(k-1)-34(i-1)$ 이어야 한다.

이를 정리하면 $\frac{k(k-1)}{2}=35(k-i)$ 이므로, $k(k-1)=70(k-i)$이 되어 $k(k-1)$이 70의 배수여야 한다. $1 \le k \le 35$의 범위 안에서 $k(k-1)$이 $70=2\times5\times7$의 배수가 되는 k는 $k=1, 15, 21, 35$ 뿐이다.
이 때 $i=k-\frac{k(k-1)}{70}$는 각각 $i=1, 12, 15, 18$ 이므로 $n=\frac{k(k-1)}{2}+i$ 는 각각 $n=1, 117, 225, 613$ 이다.

대칭적으로 생각하여, $1 \le k < 35$ 일 때, $(70-k)$번째 대각선의 뒤에서 i번째 숫자는 $1225-35(k-1)+34(i-1)$ 이다. (단, $1 \le i \le k$).

또한 $(70-k)$번째 대각선의 뒤에서 i번째 숫자는 $n=1225-\frac{k(k-1)}{2}-(i-1)$번째 숫자이다.

따라서 $f(n)=n$을 만족하려면

$1225-35(k-1)+34(i-1)=1225-\frac{k(k-1)}{2}-(i-1)$ 이어야 한다.

이를 정리하면 $\frac{k(k-1)}{2}=35(k-i)$이 되므로, 이를 만족하는 (k,i)쌍은 위의 계산에 의하여

$(1,1)$, $(15,12)$, $(21,15)$이고, $n=1225-\frac{k(k-1)}{2}-(i-1)$은 각각

$n=1225, 1109, 1001$이 된다.

따라서, $f(n)=n$이 되는 모든 n은 $n=1, 117, 225, 613, 1001, 1109, 1225$이다.

■ 입실교사(A) 검토 의견

1. 범위

- 고난도의 수학적 지식이 필요 없어도, 수학적 아이디어와 규칙을 찾을 수만 있다면 해결할 수 있는 문항이다. 제시문에 주어진 수의 배열의 규칙을 파악하고 함수 $f(n)$의 정의에 따라 묻고자 하는 값을 찾는 문제이다.

2. 수준

- 규칙을 찾아 문제에서 요구하는 답을 찾기 위해, 경우의 수를 이해하고, 간단한 수열의 합을 계산하는 능력을 갖추면 충분하다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 문항 [3-2]으로 변별이 될 것으로 예상된다. 규칙을 잘 파악한 학생은 70의 배수를, 수의 배열의 대칭인 곳에서도 찾아 답안을 작성할 수 있을 것으로 생각된다.

■ 입실교사(B) 검토 의견

1. 범위

- 수들의 규칙을 찾아 이해하고 어떻게 카운트 하느냐에 대한 수열의 합과 경우의 수가 적절히 융합된 문제이며 자연수의 거듭제곱의 합과 경우의 수를 바탕으로 한다.

2. 수준

- 문항[3-1]은 성취수준 '중'에 해당하며 제시한 제시문의 이해도를 평가하며, 문항[3-2]는 성취수준 '상'에 해당하며 문항[3-1]를 바탕으로 일반화와 특수 상황에 대한 이해적 측면을 평가하는 수준이며 고등학교 성취수준에 적합하다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 수험생들의 답안작성이 여러 가지 표현으로 가능하며 풀이의 다양성이 포함된 채점기준이다. 합의 기호의 표현이 단순하여 간단한 식으로의 표현이 어렵지 않고 경우의 수를 구하는 부분에서 빠뜨린 경우에 대한 채점기준이 명확한 평가이다.

■ 입실교사(C) 검토 의견

1. 범위

- [제시문3]에서 1부터 35^2까지의 나열된 숫자의 순서를 정해 함수 $f(n)$의 값을 정의하도록 제시되어 있다. 숫자가 나열된 위치로부터 $f(n)$의 값을 표현하는 것이 핵심인 문제로, 수열의 뜻과 Σ의 성질을 이용된다. 따라서 [제시문3]에 해당하는 문항 [3-1]. [3-2]는 모두 고등학교 교육과정의 범위 내에서 출제되었다.

2. 수준

- 문제 [3-1]은 주어진 조건을 만족시키는 함수 $f(n)$에 대한 이해 여부를 평가하기 위해 출제된 문제로, 등차수열과 Σ의 성질을 이용하여 $f(300)$의 값을 찾을 수 있다. 성취기준 '수학2311', '수학2321'에 부합된다.
- 문제 [3-2]는 $f(n)=n$을 만족시키는 n의 값을 찾는 문제로, 70의 배수가 되도록 하는 연속된 두 수를 찾는 문제로 우수한 학생들을 변별할 수 있는 문항으로 판단된다. 관련 성취기준으로 '수학2311', '수학2321', '확통1111'에 부합된다.
- 따라서 [제시문3]에 해당하는 문항 [3-1], [3-2]는 모두 고등학교 교육과정의 수준을 넘지 않았다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 채점 기준은 모두 고등학교 교육과정 내에서 제시되었다.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

[제시문 3]

자연수 1부터 $35^2(=1225)$까지의 숫자를 정사각형 모양으로 배열한 수열이 주어져 있다.

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & \cdots & 35 \\ 36 & 37 & 38 & 39 & \cdots & 70 \\ 71 & 72 & 73 & 74 & \cdots & 105 \\ 106 & 107 & 108 & 109 & \cdots & 140 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1191 & 1192 & 1193 & 1194 & \cdots & 1225 \end{array}$$

이 수열에서 위와 같이 왼쪽 아래에서 오른쪽 위로의 대각선 방향으로 순서를 정하여 n번째 숫자를 $f(n)$ $(n=1,2,3,\cdots,1225)$으로 정의하고 학생들의 이해를 돕기 위하여 예시로 $f(1)=1$, $f(2)=36$, $f(3)=2$, $f(4)=71$, $f(5)=37$, $f(6)=3$,• • •을 제시하였다. 제시문을 통하여 대각선 방향의 수열을 이해하는 것이 문제해결의 관건이다. 대각선 방향의 수열은 69개가 있으며 1~35번째 대각선 수열, 36~69번째 대각선 수열로 나누어 생각할 수 있다. 대칭성을 가지고 있는 수열이며 대각선을 이루는 각각의 수열은 모두 등차수열이므로 학생들이 수열의 규칙성과 특성을 찾아내는 것이 중요하다고 할 수 있다.

[3-1]

$f(300)$을 구하는 문제는 학생들이 수열의 특징을 파악할 수 있어서 귀납적 추론을 통하여 문제에 접근하도록 출제된 문제이다. [3-1]을 통하여 [3-2]를 해결하도록 출제 되었지만 $f(300)$은 300번째 항을 찾는 문제이므로 대각선의 각 항이 1개, 2개, 3개, • • • 이므로 일반적으로 쉽게 $1+2+3+\cdots+n=\frac{n(n+1)}{2}$ 이 300 에 근접하는 n 을 찾으면 되므로 $\frac{n(n+1)}{2}=300$ 에서 $n=24$ 이므로 $f(300)$은 24번째 대각선의 24번째 숫자임을 알 수 있다. 따라서 $f(300)=24$ 이다.
등차수열의 기본적인 문제이므로 고교 교육과정을 정상적으로 이수한 학생이면 모두 해결할 수 있는 문제이지만 [3-1]의 해결을 통하여 [3-2] 해결의 실마리를 찾아야 한다.

[3-2]

$f(n)=n$ 인 n을 구하는 문제로 대각선 수열의 특징을 파악하면 다양한 풀이가 가능한 문제라고 할 수 있다. 등차수열과 경우의 수, 약수와 배수의 성질을 이용하면 해결할 수 있는 문제지만 끝까지 해결해내기가 쉽지 않은 문제이다.
제시문에서 분석한 것과 같이 1~35번째 대각선 방향의 수열과 36~69번째 대각선방향의 수열로 나누어 생각하면 다음과 같이 할 수도 있다.

$f(n)$ 이 m 번째 대각선 위의 수라 하자.
ⅰ) $1 \le m \le 35$ 일 때
$f(n)$이 m 번째 대각선의 끝에서 $k+1$ 번째 수라고 하면
$n=(1+2+3+\cdots+m)-k$
$f(n)$은 첫째항이 m번째 대각선의 끝 수인 m이고 공차가 34인 등차수열의 $k+1$번째 항이므로
$f(n)=m+34k$ 이다.
$f(n)=n$ 에서 $\frac{m(m+1)}{2}-k=m+34k$ 에서 $m(m-1)=70k$이므로 연속한 두 수의 곱이 70의 배수인 수를 찾아야 한다. $m=1,\ k=0,\ m=15,\ k=3,\ m=21,\ k=6,\ m=35,\ k=17$ 이므로 $f(n)=n$ 인 수는 $1,\ 117,\ 225,\ 613$ 이다.

ⅱ) $36 \le m \le 69$ 일 때
$f(n)$이 m 번째 대각선의 끝에서 $k+1$ 번째 수라고 하면
$n=(1+2+\cdots+35)+(34+33+\cdots+(70-m))-k$
$f(n)$은 m번째 대각선의 끝 수인 $35(m-34)$를 첫째항으로 하고 공차가 34인 등차수열의 $k+1$번째 항이므로
$f(n)=35(m-34)+34k$
$f(n)=n$ 에서 $630+\frac{(104-m)(m-35)}{2}-k=35(m-34)+34k$
$-m^2+69m=70k$에서 $m(69-m)$이 70의 배수인 수를 찾아야 한다. m 또는 $69-m$이 7의 배수인 경우를 찾으면 된다.

$m=49$, $k=14$, $m=55$, $k=11$, $m=69$, $k=0$ 이다.

따라서 1001, 1109, 1225 이다.

ⅰ) ⅱ) 에서 1, 117, 225, 613, 1001, 1109, 1225 7개이다.

등차수열의 성질을 이용하고 주어진 수열의 특징인 대칭성을 파악하여 주어진 조건을 식으로 표현하는 논리적인 추론능력과 경우의 수로 나누고 약수와 배수의 성질을 이용하여 7개의 수를 찾아내는 문제해결력 등이 요구되는 수준 높은 문제이다. 고등학교 교육과정 <수학Ⅱ>의 수열의 문제로 여러 가지 수학적 개념을 실제문제에 적용하여야 해결할 수 있는 문제이다.

▣ 논술전형 수학 : 문항카드 7

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(수학) / 4번〔4-1, 4-2〕문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**확률과 통계**
	핵심개념 및 용어	**확률의 덧셈정리, 배반 사건, 독립, 조건부확률**
예상 소요 시간	10분 / 총 90분	

2 문항 및 제시문

[제시문 4]

농구 선수 세 명이 있다. 슛을 성공할 확률이 $\frac{8}{10}$인 선수가 두 명, 슛을 성공할 확률이 $\frac{9}{10}$인 선수가 한 명 있다. 세 선수가 임의의 순서로 슛을 한 번씩 시도했을 때, 첫 번째 선수와 두 번째 선수는 성공했으나 세 번째 선수는 성공하지 못했다. (단, 각각의 선수가 슛을 성공할 확률은 항상 일정하고, 슛을 성공하는 사건은 서로 독립이다.)

[4-1] 위와 같은 결과가 나올 확률을 구하시오. **[10점]**

[4-2] 세 번째 선수가 슛 성공 확률 $\frac{9}{10}$인 선수일 확률을 구하시오. **[5점]**

3 출제 의도(1~4번 문항 공통)

고등학교 교과과정에서 배우는 기하와 벡터, 미적분II, 수학II, 확률과 통계 과목에서 문제를 출제

하였다. 구체적으로 타원의 방정식, 정적분의 기초적인 성질, 수열의 합, 확률의 기본적인 개념 및 원리를 바탕으로 출제하였다. 제시된 조건을 정확히 이해하고 문제를 분석하고 관찰하여 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 평가한다. 기초 개념의 정확한 이해를 바탕으로 주어진 문제를 학생들의 스스로의 힘으로 해결할 수 있는지를 확인하는 문제를 출제하였다.

④ 수학 4-1, 4-2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책8] "수학과 교육과정"

관련 성취 기준

과목명: **확률과 통계**		관련
교육과정 내용	**[확률과 통계]** - (나) 확률 - ① 확률의 뜻과 활용	4번 문항
	③ 확률의 덧셈정리를 이해하고, 이를 구할 수 있다.	
성취기준1	수학1213. 확률의 덧셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	

과목명: **확률과 통계**		관련
교육과정 내용	**[확률과 통계]** - (나) 확률 - ② 조건부확률	4번 문항
	① 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다. ③ 확률의 곱셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	
성취기준1	확통1221. 조건부확률의 뜻을 알고, 이를 구할 수 있다.	
성취기준2	확통1223. 확률의 곱셈정리를 이해하고, 이를 활용할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성여부
확률과 통계	류희찬 외	천재교과서	2014	89-90, 100-103	○
확률과 통계	신항균 외	(주)지학사	2014	73, 81-85	○
확률과 통계	황선욱 외	좋은책 신사고	2014	68, 77-81	○
확률과 통계	이강섭 외	미래엔	2014	64-65, 74-77	○
확률과 통계	우정호 외	동아출판(주)	2014	107-108, 120-124	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자(저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행	쪽수	관련 자료	재구성

			년도			여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

[제시문4 (4-1, 4-2)]

조건부 확률의 개념을 정확히 이해하여 주어진 문제의 상황에 맞게 적용할 수 있는지 확인한다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
[4-1]	사건 A, B, C, D를 먼저 정의하자. 슛을 성공할 확률이 $\frac{9}{10}$인 선수가 첫 번째 선수인 사건 A, 두 번째 선수인 사건 B, 세 번째 선수인 사건 C. 처음 두 선수는 성공하고 세 번째 선수는 실패하는 사건 D. A, B, C는 배반사건이므로 $P(D)=P(D\cap A)+P(D\cap B)+P(D\cap C)$ 조건부확률을 이용하면 $P(D\cap A)=P(D\|A)P(A)=\left(\frac{9}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{2}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{144}{3000}=\frac{6}{125}$ $P(D\cap B)=P(D\|B)P(B)=\left(\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{144}{3000}=\frac{6}{125}$ $P(D\cap C)=P(D\|C)P(C)=\left(\frac{8}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{1}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{64}{3000}=\frac{8}{375}$ 따라서 $P(D)=\frac{6}{125}+\frac{6}{125}+\frac{8}{375}=\frac{44}{375}$ **[채점기준]** [상] : 계산 과정 뿐만 아니라 답이 맞은 경우 (기약분수가 아니더라도 정답처리) [중] : 계산 과정은 맞으나 답을 도출하는 과정에서 실수를 한 경우 [하] : [상], [중]을 제외한 나머지 경우	10

[4-2]	조건부확률의 정의를 이용하면 $P(C\|D)=\frac{P(C\cap D)}{P(D)}=\frac{2}{11}$ **[채점기준]** [상] : 계산 과정 뿐만 아니라 답이 맞은 경우 (기약분수가 아니더라도 정답처리) [하] : 나머지 경우	**5**

⑦ 예시 답안

■ 예시답안

[4-1]

사건 A, B, C, D를 먼저 정의하자.

슛을 성공할 확률이 $\frac{9}{10}$인 선수가

첫 번째 선수인 사건 A,

두 번째 선수인 사건 B,

세 번째 선수인 사건 C.

처음 두 선수는 성공하고

세 번째 선수는 실패하는 사건 D.

A, B, C는 배반사건이므로

$P(D)=P(D\cap A)+P(D\cap B)+P(D\cap C)$

조건부확률을 이용하면

$$P(D\cap A)=P(D|A)P(A)=\left(\frac{9}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{2}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{144}{3000}=\frac{6}{125}$$

$$P(D\cap B)=P(D|B)P(B)=\left(\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{144}{3000}=\frac{6}{125}$$

$$P(D\cap C)=P(D|C)P(C)=\left(\frac{8}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{1}{10}\right)\times\frac{1}{3}=\frac{64}{3000}=\frac{8}{375}$$

따라서

$P(D)=\frac{6}{125}+\frac{6}{125}+\frac{8}{375}=\frac{44}{375}$ 이다.

[4-2]

조건부확률의 정의를 이용하면

$P(C|D)=\frac{P(C\cap D)}{P(D)}=\frac{2}{11}$

■ 입실교사(A) 검토 의견

1. 범위

- 확률과 통계의 가장 핵심적인 부분인 조건부확률에 관한 문제로서, 문제 상황에서 세 선수가 서로 독립이고 구하고자 하는 확률에 대해 배반사건임을 이해하여 확률의 덧셈정리로 문제를 해결할 수 있다.

2. 수준

- 조건부확률의 계산은 교과서에도 연습을 많이 하는 내용으로, 조건부확률의 정의를 정확하게 이해하고 있는지를 묻는 교육과정에 충실한 문제이다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 조건부확률에 관한 문제는 계산은 누구나 수행해 낼 수 있지만, 논리적인 풀이과정을 써내려가는 게 쉬운 일은 아니다. 각 사건을 정의하고 논리적인 풀이를 쓴다면 좋은 점수를 받을 수 있다고 판단된다.

4. 전체문항 총평

2019학년도 수학논술은 기하와 벡터, 미적분, 확률과 통계, 수학에서 골고루 출제되었다. 2009 개정교육과정 내에서 출제하기 위해 출제교수와 검토교사가 여러 번의 토론과 토의를 통하여 교육과정에 적절하지 않은 문항은 수정 또는 삭제하였다. 또한, 응시자의 응답을 예상하여 고등학교 교육과정 내에서 답하기 어렵거나 교육과정 외의 풀이로 답하였을 때 더 빠른 풀이가 있다고 판단이 되거나 지나치게 계산을 많이 요구하는 문항은 과감히 배제하였다. 고등학교의 수학교육과정을 충실히 반영하면서도 논리적이고 종합적인 사고력을 평가할 수 있는 문항으로 구성하였다.

수능 수학영역 준비를 착실하게 하고, 학교교육과정을 충실히 이수한 학생이라면, 문제를 해결하는 데 어려움은 없으며, 2019학년도 논술문제는 적정한 변별력으로 학생들을 선발하는데 무리가 없으리라 판단된다.

■ 입실교사(B) 검토 의견

1. 범위

- 독립과 종속의 의미를 알고 사건을 여러 가지 배반사건으로 나누어 정리하여 조건부 확률을 구하는 것을 바탕으로 한다.

2. 수준

- 문항[4-1]은 성취수준 '중'에 해당하며 사건을 기호화하여 표현하고 여러 가지 경우로 분류하는 지식적 측면을 평가하며, 문항[4-2]는 성취수준 '하'에 해당하며 문항[4-1]를 바탕으로 단순한 조건부 확률에 대한 이해적 측면을 평가하는 수준이며 고등학교 성취수준에 적합하다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 표현에 방식에 대한 채점기준이 고등학교 수준을 벗어나지 않았으며 수험생들의 여러 가지 표현방법에 대한 채점기준이 명확하다.

4. 전체문항 총평

2019학년도 연세대학교 수시모집 논술전형 수학논술시험은 4개의 제시문*을 사용하였으며 현재 고등학교 교과목인 기초수학과 수학Ⅰ을 바탕으로 수학Ⅱ, 확률과 통계, 미적분2, 기하와 벡터에서 골고루 출제가 되었고 기본적인 지식에 대한 이해를 바탕으로 창의적인 사고를 갖춘 학생 선발을 위한 시험이라 할 수 있다. 2018학년도 논술시험과 같이 제시문과 발문에서 이해하기 어려운 용어나 표현은 없으며 2009 개정 교육과정의 범위를 준수하고 있다. 풀이와 표현방법에서 고등학교 교육과정을 벗어나서 해결가능한 제시문과 문항은 없으며 대학교 수준의 해결방법으로 접근 가능한 문제는 보이지 않는다. 창의적 사고력을 분별하는 시험의 특성상 학생들의 다양한 접근 방식과 풀이에 대한 채점기준을 마련하고 있으며 지식을 묻는 문제에서 깊은 사고력을 요구하는 문제까지 다양한 평가 도구를 제시함으로써 변별력은 충분하다고 본다. 여러 가지 관점에서 2019학년도 논술전형의 논술시험은 그 범위와 수준은 현재 고3이 교육받은 교육과정을 벗어난 것이 없으며 학교의 공교육과 자기주도적 학습만으로도 충분히 해결 가능하며 아울러 대학에서도 우수한 신입생선발에 좋은 선발방식으로 적절하다 할 수 있다.

* 채점과정에서 문항2는 제시문의 오류로 인하여 논술 채점에서 배제하였으므로 본 선행학습 영향평가에서도 제외하였음.(별책에 증빙자료 첨부) 이에 따라 출제 검토교사는 4개의 제시문으로 표현하고 있으나, 본 선행학습 영향평가에서는 3개의 제시문임.

■ 입실교사(C) 검토 의견

1. 범위

- [제시문4]는 농구선수 3명이 자유투를 시도하였을 때, 첫 번째와 두 번째 선수는 성공하고 세 번째 선수가 성공하지 못한 상황을 제시하였다. 교과서에서 조건부확률을 구하기 위해 흔히 제시되는 문제 상황이다. 따라서 [제시문4]에 해당하는 문항 [4-1]. [4-2]는 모두 고등학교 교육과정의 범위 내에서 출제되었다.

2. 수준

- 문제 [4-1]은 확률의 덧셈정리를 이용하여 문제의 상황이 벌어질 확률을 구하는 문제이므로 성취기준 '확통1213'에 부합된다.
- 문제 [4-2]는 문제 [4-1]에서 구한 확률을 바탕으로 조건부확률을 구하는 문제이므로 성취기준 '확통1221'에 부합된다.
- 따라서 [제시문4]에 해당하는 문항 [4-1]. [4-2]는 모두 고등학교 교육과정의 수준을 넘지 않았다.

3. 채점 기준에 관한 점검 내용

- 채점 기준은 모두 고등학교 교육과정 내에서 제시되었다.

4. 전체문항 총평

2019학년도 연세대학교 논술고사 자연계열(수학)은 2009 개정 수학과 교육과정을 충실히 반영하였고, 교육과정을 준수하기 위해 최선을 다하였다. 교육과정의 범위와 수준을 지키기 위해 연수와 교육을 실시하였으며, 이를 점검하기 위한 회의를 수시로 진행하였다. 출제 문항에 대한 교육과정의 범위와 수준의 위반이 발견되면, 해당 문항을 폐기하거나 교육과정에 맞게끔 수정하였다. 즉, 교육과정평가원의 선행학습 영향평가 기준을 따라 출제되었다.

여러 수학 과목(수학Ⅱ, 확률과 통계, 미적분Ⅱ, 기하와 벡터)에서 문항을 출제하여 다양한

분야의 수학적 사고력을 가진 학생을 평가할 수 있도록 하였다. 또한 쉬운 난이도부터 어려운 난이도를 가진 문제를 출제하여 학생들의 수준을 다양하게 평가할 수 있게 하였다.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

[제시문 4]

세 명의 농구선수의 슛이 성공할 확률이 각각 $\frac{8}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$로 주어져 있다. 세 선수가 임의로 슛을 한 번씩 했을 때, 첫 번째, 두 번째 선수는 성공하였으나 세 번째 선수는 실패할 확률을 구하는 문제이므로 조건부확률의 개념을 활용하는 문제이다. 먼저 세 선수가 임의로 슛을 할 순서를 정하기 때문에 경우의 수는 6가지이다. 첫 번째, 두 번째 선수는 성공하였으나 세 번째 선수는 실패할 확률이므로 확률의 곱셈정리를 이용해야 하며 각각의 사건이 서로 독립임을 이해해야 한다. 고교수학 확률과 통계의 내용이며 고교 교육과정을 이수한 학생이면 이해할 수 있는 기본개념의 내용이다.

[4-1]

세 명의 농구선수의 슛이 성공할 확률이 각각 $\frac{8}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$인 선수를 A, B, C라 하고 세 명이 임의로 슛을 했을 때 첫 번째 선수와 두 번째 선수는 성공하고 세 번째 선수가 실패할 경우의 확률을 구하는 문제이다.

임의로 3명의 선수가 슛을 할 수 있는 경우의 수는 6가지이고 세 번째 선수가 실패할 확률은 다음과 같다.

i) 순서가 A, B, C일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{1}{10}=\frac{64}{1000}$

ii) 순서가 A, C, B일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}=\frac{144}{1000}$

iii) 순서가 B, A, C일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{8}{10}\times\frac{1}{10}=\frac{64}{1000}$

iv) 순서가 B, C, A일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}=\frac{144}{1000}$

v) 순서가 C, A, B일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}=\frac{144}{1000}$

vi) 순서가 C, B, A일 때 $\frac{8}{10}\times\frac{9}{10}\times\frac{2}{10}=\frac{144}{1000}$

각각의 경우가 일어날 확률은 $\frac{1}{6}$이므로 첫 번째, 두 번째 선수가 성공하고 세 번째 선수가 실패할 확률은 $\frac{1}{6}\times\frac{64\times2+144\times4}{1000}=\frac{44}{375}$

경우의 수, 확률의 덧셈정리, 확률의 곱셈정리, 여사건의 확률을 활용하는 문제로 고교 교육과정의 범위 내에서 출제된 기본 개념의 문제이다. 각각의 확률을 구하는 것은 교과서 수준의 문제이며 각각의 경우의 수가 6가지이므로 일어날 확률$\frac{1}{6}$을 곱하여야 한다. 대입을 준비하는 과정에서 충분히 다루는 소재이며 수준 또한 어렵지 않게 해결할 수 있는 수준이다.

[4-2]

조건부 확률을 이용하는 문제이다.

세 번째 선수가 성공할 확률이 $\frac{9}{10}$일 확률은 [4-1]에서 ⅰ), ⅲ)인 경우이다.

세 명이 임의의 순서로 슛을 하여 첫 번째, 두 번째 선수는 성공하였으나 세 번째 선수는 실패하였을 때, 세 번째 선수가 C일 확률이므로

$\frac{\frac{1}{6}\times\frac{64}{1000}\times 2}{\frac{44}{375}}=\frac{2}{11}$이다.

조건부 확률의 개념을 활용하는 문제로 고교 교육과정의 범위 내에서 출제하였다. 학생들은 교과서나 EBS연계교재, 수학능력시험 기출문제 등에서 충분히 다루었던 문제로 고교 교육과정을 이수한 학생이면 충분히 해결할 수 있는 수준의 문제이다.

선행학습 영향평가 위원 총평

[문제 분석]

2019학년도 연세대학교 논술전형 수리논술 문항은 3 개의 제시문에 대하여 각각 3개, 2개, 2개의 소문항으로 구성되어 있으며 3개의 제시문은 서로 연계되지 않고 독립적으로 제시되었다. 각 제시문에 대하여 출제 난이도 및 문항 수에 따라 모두 15점을 배점을 부여하였다.

출제된 교과와 단원은 기하와 벡터, 수학Ⅱ, 미적분Ⅱ, 확률과 통계 등으로 고등학교 수학교육과정에서 고르게 분포되도록 출제되었다. 모두 교육과정의 범위 내에서 출제되었으며 문제의 수준은 고등학교 교육과정을 이수한 학생이면 해결할 수 있는 수준으로 출제되었으며 사교육보다는 고교수학의 개념을 다양하게 생각하거나 수학능력시험을 준비하면서 동시에 준비할 수 있을 정도의 수준에서 출제되었다. 이전의 논술고사에 비하여 수학능력시험과의 유사성이 훨씬 가까워졌다고 할 수 있다.

2019 연세대 논술전형의 수리논술은 선발을 위한 변별력에 주안점을 두기보다는 교육과정 내에 충실하고 고교 교육의 정상화에 기여하고자 하는 측면에서 출제하였다고 볼 수 있다. 아쉬운 점은 수학능력시험과는 다른 평가요소를 가진 논술시험임에도 불구하고 고교 교육과정의 내용을 다양하게 하고 심화된 사고력을 키울 수 있는 창의적인 부분이 많지는 않았다. 이는 선행학습영향평가의 영향으로 새로운 유형의 문제를 출제하기가 쉽지 않았으며 기존의 문제 유형에 녹여서 출제할 수밖에 없었기 때문인 것으로 생각된다.

[평가]

2019 연세대 논술전형 수리논술문제는 기하와 벡터의 이차곡선, 미적분Ⅱ의 삼각함수의 활용, 수학Ⅱ의 수열, 확률과 통계의 경우의 수, 확률의 덧셈정리, 확률의 곱셈정리 등 고교교육과정의 전 범위에 걸친 문제가 출제하여 전체 교육과정의 내용을 두루 평가할 수 있도록 하였고 난이도를 평이하게 하여 교육과정의 내용을 충실하게 공부한 학생들이 많은 문항을 해결할 수 있도록 하였다.

교과서, EBS연계교재, 수학능력시험 기출문제 등에서 충분히 다루었던 문제를 출제하여 학생들의 학습 부담을 줄여줄 수 있도록 하였으며 공교육 정상화에 기여하고자 하였다. 특히 각 문항의 첫 문제

들은 쉽게 출제하여 어려운 문항에 더 많은 시간을 할애하여 풀 수 있도록 하였으며 첫 번째 문제를 통하여 전체 문제의 방향을 이해할 수 있도록 하였다. 또한 1번과 4번같이 학생들이 매우 익숙한 형태의 문제를 출제하여 학생들의 문제에 대한 접근성을 높였으며 문제해결력보다는 수학적 개념에 대한 이해와 활용능력, 논리적인 표현능력, 논리적인 사고과정 등을 평가하고자 하였다.

교육과정 범위 내 출제나 문제의 수준이 고교 교육과정의 수준을 넘지 않도록 출제하여 학생들의 학습 부담을 줄이고 공교육 정상화에 기여하려고 하였다.

논술은 학생들의 사고능력을 신장하고 논리적인 문제 해결능력을 향상시킬 수 있는 평가방법인 만큼 연세대 논술이 오랫동안 추구해왔던 다면적인 사고능력을 평가하기 위한 문제도 출제되었다. [제시문 3]을 통하여 등차수열로만 이루어진 수열을 제시하여 학생들이 수의 규칙성을 발견하고 반복되는 규칙성을 통하여 대칭성을 발견할 수 있도록 문제를 구성하였다. 명확한 풀이 방법이 있는 문제보다는 논리적 해석에 따라 다양한 방법이 존재할 수 있는 문제를 제시하여 학생들의 창의성 및 수학적 추론능력을 평가할 수 있는 문제를 출제하였다. 이는 수학적 지식의 적용과 개념의 활용 단계를 넘어 사고의 연관성과 유연성을 기르고 규칙성 발견을 통하여 인과관계를 찾아내도록 하였다.

2019년 연세대 논술전형 수리논술 문항은 쉬운 문제에서 어려운 문제까지 단편적인 개념문제에서 다면적인 사고능력을 평가할 수 있는 문제까지 고교 교육과정의 전범위에 걸쳐 두루 평가할 수 있는 문제를 출제하였으며 쉬운 소재로 접근하여 심층적인 사고능력을 함양할 수 있는 문제를 다양하게 출제하였다. 고교 교육과정을 지키고 공교육 정상화에도 기여하면서 학생들의 수학적 호기심을 자극하고 사고력을 신장시킬 수 있는 문제를 출제하였다고 할 수 있다.

▣ 논술전형 물리 : 문항카드 8

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(물리) / 1번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**물리Ⅰ, 물리Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**로렌츠힘, 운동에너지, 에너지 보존, 원운동, 주기**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

[그림1]과 같이 전자가 균일한 자기장 방향에 대하여 60°의 각도로 입사한다. 이 때 입사하는 전자의 운동에너지는 $180\,\mathrm{eV}$, 자기장 영역의 길이 L은 $6.0\,\mathrm{cm}$, 자기장의 세기 B는 $0.9\,\mathrm{T}$이다. 전자가 아르곤 원자와 충돌 없이 이 자기장 영역을 통과할 때, 나선 운동을 하며 회전한 총 횟수를 구하시오. **[10점]**

3 출제 의도

고등학교 물리 교과과정의 기본 개념과 원리 이해를 바탕으로, 복합적인 과제를 수행하도록 하여, 문제 이해력, 논리적 분석력, 문제 통합 및 해결 능력을 골고루 평가하고자 하였다. 특히, 기본 개념으로부터 시작하여, 복잡한 물리적 상황을 체계적으로 해결하는 능력을 집중적으로 평가 하고자 노력하였다.

4 제시문 출제 근거 (공통)

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **물리 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	물리Ⅰ - (1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동	제시문 (가)(나) (다)
		⑤ 등가속도운동에서 일-운동에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다.	
	성취 기준1	물1115-1. 등가속도 운동에서 일-운동 에너지의 정리를 설명할 수 있다.	

성취 기준2	물1115-2. 퍼텐셜 에너지와 역학적 에너지, 역학적 에너지 보존법칙을 설명할 수 있다	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	제시문 (가)
	① 위치 속도 가속도를 벡터로 표현할 수 있다.	
성취 기준1	물2111. 위치, 속도, 가속도를 벡터로 표현하여 물체의 운동을 기술할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	제시문 (가)
	③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.	
성취 기준1	물2113.지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석하여 기술할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리 Ⅱ - (2) 전기와 자기 - (나) 전류와 자기장	제시문 (가)
	④ 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 안다.	
성취 기준1	물2222. 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 설명할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	제시문 (나)
	④ 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	
성취 기준1	물2114. 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리 Ⅱ - (2) 전기와 자기 - (가) 전하와 전기장	제시문 (다)
	① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.	
성취 기준1	물2211. 전기장과 전기력선, 전위의 관계를 진술하고, 전기쌍극자를 설명할 수 있다.	

5 물리 1번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책9] "과학과 교육과정"	
관련 성취 기준	과목명: **물리 Ⅰ**	관련
교육	물리Ⅰ - (1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동	1번

과정 내용	⑤ 등가속도운동에서 일-운동에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다.	문항
성취 기준1	물1115-1. 등가속도 운동에서 일-운동 에너지의 정리를 설명할 수 있다.	
성취 기준2	물1115-2. 퍼텐셜 에너지와 역학적 에너지, 역학적 에너지 보존법칙을 설명할 수 있다	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	1번 문항
	③ 지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석할 수 있다.	
성취 기준1	물2113.지표면 근처에서 일어나는 포물선운동과 원운동을 분석하여 기술할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리 Ⅱ - (2) 전기와 자기 - (나) 전류와 자기장	1번 문항
	④ 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 안다.	
성취 기준1	물2222. 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
물리Ⅰ	곽성일	천재교육	2011	26~44	○
물리Ⅰ	김영민	교학사	2011	29~57	○
물리Ⅱ	곽성일	천재교육	2011	29~35, 148~153	○
물리Ⅱ	김영민	교학사	2011	30~38, 147~151	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

6 문항 해설

균일한 자기장에 의해 로렌츠 힘을 받아 나선형 경로로 운동하는 전자에 관한 문항이다. 포물선 운동의 경우와 마찬가지로 주어진 속도를 등속 운동하는 방향과 가속 운동하는 방향으로 나누어 이해할 수 있는지 평가한다. 등속 운동하는 전하가 주어진 거리를 운동하는데 걸린 시간을 구하고, 그 시간 동안 로렌츠 힘을 받아 회전 운동하는 전자의 회전주기를 구할 수 있는지 평가하고자 한다.

7 채점 기준

문항	채점기준	배점
1	주어진 거리를 운동하는 시간 동안 총 회전수를 구함 자기장에 평행한 방향의 속도 성분을 구함 로렌츠 힘에 의한 회전 운동을 이해하여 회전 주기를 구함	상 중 하

8 예시 답안

■ 예시답안

1. 운동에너지 관계로부터 전자의 속도를 구해 이동 시간을 찾고, 원운동의 주기와 시간으로부터 총 회전 횟수를 구한다.

▪ 전자의 운동에너지를 KE (=180 eV) 라고 하면 KE = $\frac{1}{2}mv^2$ 이므로,

전자의 속도는 $v=\sqrt{\frac{2\mathrm{KE}}{m_e}}=\sqrt{\frac{2\times180\times1.6\times10^{-19}}{9.0\times10^{-31}}}=\sqrt{64\times10^{12}}=\boxed{8\times10^{6}\,(\mathrm{m/s})}$ 이고,

이동 시간은 자기장에 평행한 속도 성분이 결정하므로,

(자기장에 평행한 속도 성분)$\equiv v_{평행}$ = $v\cos(60^\circ)=\frac{1}{2}v=\boxed{4\times10^{6}\,(\mathrm{m/s})}$ 이므로

자기장 영역 L을 지나는 데 걸리는 시간 $t_L=\frac{L}{v_{평행}}=\frac{6\times10^{-2}}{4\times10^{6}}=\boxed{1.5\times10^{-8}\,(\mathrm{s})}$

▪ 전자의 원운동 주기는 (구심력)=(로렌츠 힘)의 관계와, 주기 T와 반지름 r의 관계로부터

$\frac{mv^2}{r}=|e|vB,\ T=\frac{2\pi r}{v}\ \rightarrow\ T=\frac{2\pi m_e}{|e|B}$를 얻는다.(운동 반지름과 무관)

[v 자리에 $v_{수직}=v\sin(60^\circ)$을 넣어서 직접 계산해도 문제없음.]

$\therefore$ (총 회전 횟수)$=t_L\times\frac{1}{T}=\boxed{t_L\times\frac{|e|B}{2\pi m_e}}$

$$=1.5\times10^{-8}\times\frac{1.6\times10^{-19}\times0.9}{2\times3\times9.0\times10^{-31}}=\boxed{400\,(\text{회})}$$

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 역학적 에너지 보존을 이용하여 속도를 계산하고, 균일한 자기장 속에 비듬히 입사한 전자의 나선 운동을 등속 직선 운동과 원운동으로 분해해 주어진 거리를 이동하는 동안 회전한 횟수를 묻는 문항으로 고등학교 수업시간에 매우 강조하여 다루는 영역이다.

[수준]

- 균일한 자기장 속에서 로렌츠 힘을 받는 전자의 운동을 해석하는 문항으로 보통 수준의 문항이다. 역학적 에너지 보존을 이용하여 전자의 운동 속도를 계산하고, 속도를 가진 전자가 균일한 자기장 속에 비듬히 입사하면 전자가 나선 운동을 한다. 전자의 운동을 등속 직선 운동과 원운동으로 분해해 주어진 거리를 이동하는 동안 전자가 회전한 횟수를 묻는 문항으로 고등학교 수업시간에 매우 강조하는 내용이다.

⑨ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

균일한 자기장 영역에 자기장 방향과 비스듬히 입사한 전자가 로렌츠 힘을 받아 나선 운동하는 것을 이해하고, 자기장 방향과 자기장 방향과 수직한 방향의 운동의 형태를 구분하여 문제를 해결하는 문항이다. 주어진 운동에너지를 통해 전자의 속력을 구할 수 있고, 입사한 각도를 통해 자기장 방향의 속도 성분과 자기장 방향과 수직한 방향의 속도 성분으로 나누어 각각 등속도 운동과 원운동으로 구분하여 원운동의 주기를 구하면 자기장 영역에서 전자의 회전 횟수를 쉽게 얻을 수 있는 다소 평이한 문항이다. 로렌츠 힘은 물리Ⅱ에서 중요하게 다루는 내용이므로 많은 수험생들이 친숙하게 느끼고 대부분 옳은 답안을 작성하였으리라 예상된다.

이 문항에서 다루는 주요 개념들이 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정에서 많이 강조되고 빈번히 활용되는 것이고, 제시문이나 문항에서 사용하는 용어들 역시 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정에서 사용하는 용어들이므로 선행학습을 유발하는 요인이 없는 것으로 판단된다.

▣ 논술전형 물리 : 문항카드 9

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(물리) / 2번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**물리Ⅰ, 물리Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**전기력에 의한 퍼텐셜 에너지와 운동에너지, 탄성충돌, 운동량 보존, 운동에너지 보존**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

② 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

아르곤 이온과 시료 원자를 크기가 같고 질량이 다른 쇠공이라고 가정하자. 운동하는 아르곤 이온이 정지해 있던 시료 원자와 일직선상에서 정면으로 탄성 충돌한다(**[그림1]**에 점선 박스로 표시된 확대 부분 참고). 만약 아르곤 이온과 충돌한 원자가 마그네슘(Mg)이라면, 충돌 전 아르곤 이온의 속도(v_{Ar})에 대한 충돌 후 마그네슘 원자의 속도(v_{Mg})의 비($v_{\mathrm{Mg}}/v_{\mathrm{Ar}}$)가 얼마인지 구하시오. **[10점]**

3 출제 의도

고등학교 물리 교과과정의 기본 개념과 원리 이해를 바탕으로, 복합적인 과제를 수행하도록 하여, 문제 이해력, 논리적 분석력, 문제 통합 및 해결 능력을 골고루 평가하고자 하였다. 특히, 기본 개념으로부터 시작하여, 복잡한 물리적 상황을 체계적으로 해결하는 능력을 집중적으로 평가하고자 노력하였다.

4 물리 2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **물리 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	물리Ⅰ - (1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동	2번 문항
		⑤ 등가속도운동에서 일-운동에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다.	
	성취 기준1	물1115-1. 등가속도 운동에서 일-운동 에너지의 정리를 설명할 수 있다.	
	성취 기준2	물1115-2. 퍼텐셜 에너지와 역학적 에너지, 역학적 에너지 보존법칙을 설명할 수 있다.	
	과목명: **물리 Ⅱ**		관련
	교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	2번 문항
		④ 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	
	성취 기준1	물2114. 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
물리Ⅰ	곽성일	천재교육	2011	39~44	○

물리Ⅰ	김영민	교학사	2011	51~57	○
물리Ⅱ	곽성일	천재교육	2011	36~43	○
물리Ⅱ	김영민	교학사	2011	56~60	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

크기가 같고 질량이 다른 두 물체의 탄성 충돌에 관한 문항이다. 운동량 보존과 운동에너지 보존을 바탕으로 충돌 전/후 두 물체의 운동을 이해하고, 두 물체의 질량으로부터 속도 관계를 유추할 수 있을지 평가하고자 한다.

6 채점 기준

문항	채점기준	배점
2	아르곤과 마그네슘의 질량을 바탕으로 속도 비를 구함 두 물체의 탄성 충돌 상황에서 운동량과 운동에너지의 보존을 이해함 질량이 다른 두 물체의 탄성 충돌 전/후 속도 관계를 유도함	상 중 하

7 예시 답안

■ 예시답안

2. 운동량 및 운동에너지 보존을 이용하여, 충돌 전후의 속도 비를 구한다.

▪ 초기에 Mg 는 정지해 있고 아르곤 이온과 Mg 원자의 충돌이 탄성 충돌이므로, 다음의 두 가지 보존 법칙을 만족한다.

$$m_{Ar}v_{Ar} = m_{Ar}v'_{Ar} + m_{Mg}v_{Mg}$$ → 운동량보존

$$\frac{1}{2}m_{Ar}v_{Ar}^2 = \frac{1}{2}m_{Ar}v'^2_{Ar} + \frac{1}{2}m_{Mg}v_{Mg}^2$$ → 운동에너지보존

▪ 두 식을 연립하여 속도의 비를 구하면 $\frac{v_{Mg}}{v_{Ar}} = \boxed{\frac{2m_{Ar}}{m_{Mg}+m_{Ar}}} = \frac{2\times 40m_u}{40m_u+24m_u} = \frac{80}{64} = \boxed{\frac{5}{4}} = \boxed{1.25}$

중간중간 계산을 해 넣은 경우
위와 같은 형태의 식이 안 나타날 수 있음.

■ 입실교사 검토의견

[범위]

-운동하는 물체와 정지한 물체의 탄성 충돌에서 정지한 물체의 충돌 후의 속도를 운동량 보존 법칙 과 운동에너지 보존 법칙을 이용해서 구하는 문항이다.

[수준]

-운동량 보존 개념과 역학적 에너지 보존을 이용하여 해석하는 문항으로 보통 수준의 문항이다
일-운동에너지 정리를 통하여 정지한 시료 원자와 충돌하기 직전의 아르곤 이온의 속도를 구하고, 운동량 보존 법칙을 사용하여 충돌 후 시료 원자의 속도를 구하여 충돌 전후의 속도의 비를 계산하는 문항으로 교육과정안에서 쉽게 해결할 수 있는 문항이다.

⑧ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

두 입자가 탄성 충돌하면 운동량이 보존되고 운동 에너지도 보존된다는 사실을 알면 쉽게 문제를 해결할 수 있는 쉬운 문항이다. 다만 [표1]의 주기율표에서 충돌하는 입자들의 질량을 찾아야 하고, 식을 연립해서 전개하는 과정이 번거로울 수 있으나 실수만 하지 않는다면 대부분 정답을 작성하였을 것으로 판단된다.

이 문항을 풀이하는 과정에 사용된 핵심 개념인 탄성 충돌에서의 두 가지 보존 법칙은 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정에서 다루고 있으므로 선행학습을 유발하는 요인이 없다고 판단된다.

▣ 논술전형 물리 : 문항카드 10

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(물리) / 3번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**물리Ⅰ, 물리Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**전기력에 의한 퍼텐셜에너지와 운동에너지, 탄성충돌, 운동량 보존, 운동에너지 보존, 등속도 운동(속력, 거리, 시간의 관계)**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

【문제3】 제시문과 같이 아르곤 이온은 $12{,}500\,\mathrm{V}$의 전위차로 가속되어 시료 원자와 충돌한다. 이 충돌로 인해 운동을 시작한 시료 원자 하나가 시료로부터 연직 아래 $1.0\,\mathrm{m}$만큼 떨어진 위치에 도달하는 시간을 t라 하자. 시료를 구성하는 어떤 두 원자의 질량 차가 $1.0\,m_u$일 때, 두 원자의 도달 시간 차이 Δt를 구하시오. **[10점]**

3 출제 의도

고등학교 물리 교과과정의 기본 개념과 원리 이해를 바탕으로, 복합적인 과제를 수행하도록 하여, 문제 이해력, 논리적 분석력, 문제 통합 및 해결 능력을 골고루 평가하고자 하였다. 특히, 기본 개념으로부터 시작하여, 복잡한 물리적 상황을 체계적으로 해결하는 능력을 집중적으로 평가하고자 노력하였다.

4 물리 3번 문항 출제 근거

<table>
<tr><th>적용
교육과정</th><th colspan="3">교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책9] “과학과 교육과정”</th></tr>
<tr><td rowspan="8">관련
성취
기준</td><td colspan="2">과목명: 물리 Ⅰ</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>물리Ⅰ - (1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>⑤ 등가속도운동에서 일-운동에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다.</td></tr>
<tr><td>성취
기준1</td><td>물1115-1. 등가속도 운동에서 일-운동 에너지의 정리를 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td>성취
기준2</td><td>물1115-2. 퍼텐셜 에너지와 역학적 에너지, 역학적 에너지 보존법칙을 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">과목명: 물리 Ⅱ</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>물리 Ⅱ - (2) 전기와 자기 - (가) 전하와 전기장</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.</td></tr>
<tr><td>성취
기준1</td><td>물2211. 전기장과 전기력선, 전위의 관계를 진술하고, 전기쌍극자를 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
</table>

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
물리Ⅰ	곽성일	천재교육	2011	26~31, 39~44	○
물리Ⅰ	김영민	교학사	2011	39~37, 51~57	○
물리Ⅱ	곽성일	천재교육	2011	36~43, 105~111	○
물리Ⅱ	김영민	교학사	2011	56~60, 122~130	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

탄성 충돌 후 등속도 운동을 하는 물체의 질량, 속도, 등거리 운동 시간에 관한 문제이다. 우선 역학적 에너지 보존을 통해 전압차로 가속된 물체의 운동에너지와 속도를 구할 수 있다. 운동량 보존과 에너지 보존을 바탕으로 탄성 충돌 전/후 두 물체의 속도 관계를 이해한다. 충돌 후 등속 운동을 하는 물체의 질량 차와 이 물체의 등거리 운동 시간차의 관계를 이해하는지 평가하고자 한다.

6 채점 기준

문항	채점기준	배점
3	두 원자의 등거리 운동 시간차를 구함 전위차로 가속된 아르곤 이온의 속력을 구함 시료 원자의 질량과 충돌 후 속도 간의 관계를 이해함	상 중 하

7 예시 답안

■ 예시답안

3. 전자 속도로부터 질량차 1.0m_u 인 충돌원자가 얻는 속도차를 구하고, 그 결과로부터 시간차를 구한다.

▪ 아르곤 이온의 운동에너지를 KE 라고 하면 KE = $\frac{1}{2}mv^2$ 이므로

$v = \sqrt{\frac{2\mathrm{KE}}{m_{Ar}}} = \sqrt{\frac{2\times 12{,}500\times 1.6\times 10^{-19}}{40\times 1.6\times 10^{-27}}} = \sqrt{625\times 10^8} = \boxed{2.5\times 10^5\ (\mathrm{m/s})}$

시료 원자 중 질량이 xm_u와 $(x+1)m_u$인 원자의 충돌 후 속도를 v_1, v_2 라고 하면,

1 m를 운동하는데 걸리는 시간 차이 $\Delta t = \left|\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right|$이다.

▪ 앞선 결과로 부터, $v_1 = \frac{2m_{Ar}}{xm_u + m_{Ar}}v$, $v_2 = \frac{2m_{Ar}}{(x+1)m_u + m_{Ar}}v$ 이므로

$\Delta t = \left|\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right| = \left|\frac{xm_u + m_{Ar}}{2vm_{Ar}} - \frac{(x+1)m_u + m_{Ar}}{2vm_{Ar}}\right| = \frac{m_u}{2vm_{Ar}} = \frac{m_u}{2v\times 40m_u} = \boxed{\frac{1}{80v}}$

$= \frac{1}{80\times 2.5\times 10^5} = \boxed{\mathbf{5.0\times 10^{-8}(s)}}$

■ 입실교사 검토의견

[범위]

-역학적 에너지 보존을 이용하여 아르곤 이온의 속도를 계산하고, 운동량 보존 법칙을 이용하여 시료 원자의 충돌 후 속도를 구하면, 원자 질량의 크기에 따라 충돌 후 속도가 다르므로 이를 이용해 주어진 거리를 이동하는데 걸리는 시간차를 계산하는 문항이다.

[수준]

-역학적 에너지 보존과 운동량 보존을 이용하여 등속도로 이동한 시간을 구하는 문항으로 보통 수준의 문항이다. 문제에서 구한 충돌 후의 시료 원자의 속도 항에 질량차가 $1.0m_u$인 시료의 질량을 각각 대입하여 각 원자의 이동 시간을 구하여, 시간차를 계산하는 문항으로 교육과정 내의 내용을 물어보는 중상 수준의 문항이다.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

전위차로부터 가속된 아르곤 이온의 속력을 구하고, 아르곤 이온과 충돌한 시료 원자의 속력이 시료 원자의 질량에 따라 다른 것을 비교하여 일정한 거리를 이동하는데 걸린 시간을 분석하는 문항이다. 전하를 띤 입자가 전위차가 일정한 전기장에서 전기력을 받아 가속되었을 때 증가한 운동에너지가 받은 일의 양과 같은 것을 이해하면 2번 문항의 결과를 활용하여 쉽게 답을 구할 수 있는 쉬운 문항이다.

전기장에서 입자가 받은 일과 운동에너지 사이의 관계는 물리Ⅱ 교육과정에서 다루고 있고, 일과 운동 에너지 정리는 물리Ⅰ에서도 중요하게 다루는 내용이므로 이 문항 역시 선행학습을 유발하는 요인은 없다.

▣ 논술전형 물리 : 문항카드 11

1 일반정보

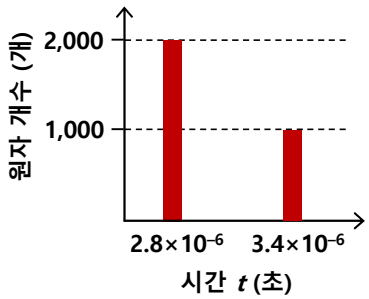
유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(물리) / 4번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**물리Ⅰ, 물리Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**전기력에 의한 퍼텐셜에너지와 운동에너지, 탄성충돌, 운동량 보존, 운동에너지 보존, 등속도 운동(속력, 거리, 시간의 관계)**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

【문제4】 미지의 시료가 어떤 원소로 구성되어 있는지 분석하기 위해 제시문에 설명된 시간 t를 측정하는 실험을 $3{,}000$번 반복하였다. 그 결과, 오른쪽 **[그림2]**와 같이 $t = 2.8 \times 10^{-6}$ 초에 도달한 시료 원자가 $2{,}000$개, $t = 3.4 \times 10^{-6}$ 초에 도달한 시료 원자가 $1{,}000$개로 나타났다. 주어진 그래프와 주기율표를 바탕으로 미지의 시료가 무엇인지 추론하시오. 단, 그래프에 나타난 결과 이외에 다른 시간 t에 도달한 시료 원자는 없다. **[10점]**

[그림2] 측정 결과



3 출제 의도

고등학교 물리 교과과정의 기본 개념과 원리 이해를 바탕으로, 복합적인 과제를 수행하도록 하여, 문제 이해력, 논리적 분석력, 문제 통합 및 해결 능력을 골고루 평가하고자 하였다. 특히, 기본 개념으로부터 시작하여, 복잡한 물리적 상황을 체계적으로 해결하는 능력을 집중적으로 평가하고자 노력하였다.

4 물리 4번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책9] "과학과 교육과정"**
관련	

성취 기준

과목명: **물리 Ⅰ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅰ - (1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동	4번 문항
	⑤ 등가속도운동에서 일-운동에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다.	
성취 기준1	물1115-1. 등가속도 운동에서 일-운동 에너지의 정리를 설명할 수 있다.	
성취 기준2	물1115-2. 퍼텐셜 에너지와 역학적 에너지, 역학적 에너지 보존법칙을 설명할 수 있다	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	4번 문항
	① 위치 속도 가속도를 벡터로 표현할 수 있다.	
성취 기준1	물2111. 위치, 속도, 가속도를 벡터로 표현하여 물체의 운동을 기술할 수 있다.	

과목명: **물리 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	물리Ⅱ - (1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동	4번 문항
	④ 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	
성취 기준1	물2114. 2차원에서 운동량 보존 개념을 이용하여 충돌 현상을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
물리Ⅰ	곽성일	천재교육	2011	26~31, 39~44	○
물리Ⅰ	김영민	교학사	2011	29~37, 51~57	○
물리Ⅱ	곽성일	천재교육	2011	13~23, 36~43	○
물리Ⅱ	김영민	교학사	2011	20~29, 56~60	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

충돌 후 정해진 거리를 운동하는 물체의 운동 시간으로부터 질량을 유추하는 문항이다. 다른 물체와의 탄성 충돌 후 알고 있는 거리를 운동한 시간으로부터 물체의 속도와 질량을 유추할 수 있는지 평가하고자 한다. 또한 물체의 질량과 주어진 주기율표를 비교 대조하여 원소의 종류와 비율을 추론해 보도록 하였다.

6 채점 기준

문항	채점기준	배점
4	주어진 그림과 표를 바탕으로 구성 원소의 종류와 비율을 추론함	상
	시료 원자의 등거리 운동 시간으로부터 속도와 질량을 유추함	중
	주어진 등거리 운동 시간으로부터 각 시료 원자의 질량을 구함	하

7 예시 답안

■ 예시답안

4. 도달 시간을 이용해 원소의 종류를 알아내고, 그래프 값의 비로부터 원소 비를 알 수 있다.

아르곤 이온의 속도와 질량을 v, m_{Ar}라 하고,

각각의 시간 $t_1 = 2.8\times10^{-6}$, $t_2 = 3.4\times10^{-6}$ 에 도달한 원소의 질량을 각각 $x_1 m_u$, $x_2 m_u$ 라고 하면,

- 앞의 결과로부터

  $v = 2.5\times10^{5}\ (\mathrm{m/s})$이고,

  시간은 $t_1 = \dfrac{x_1 m_u + m_{Ar}}{2v m_{Ar}} = \dfrac{x_1 m_u + 40 m_u}{80 v m_u} = \dfrac{x_1 + 40}{80v}$ 와 같이 얻어지므로

  → $x_1 = 80 t_1 v - 40 = 80\times(2.8\times10^{-6})\times(2.5\times10^{5}) - 40 = 56 - 40 = \boxed{16}$

  → 주기율표로부터 $16m_u$를 찾아보면, **산소(O)** 임을 알 수 있다.

  마찬가지로 t_2에 대해서도

  $t_2 = \dfrac{x_2 + 40}{80v}$

  → $x_2 = 80 t_2 v - 40 = 80\times(3.4\times10^{-6})\times(2.5\times10^{5}) - 40 = 68 - 40 = \boxed{28}$

  → 주기율표로부터 $28m_u$를 찾아보면, **규소(Si)** 임을 알 수 있다.

- 그래프의 값으로부터, 각 원소의 비는 $\mathrm{Si} : \mathrm{O} = 1000 : 2000 = \boxed{1:2}$ 이다.

■ 입실교사(A) 검토의견

[범위]

-역학적 에너지 보존을 이용하여 아르곤 이온의 속도를 계산하고, 운동량 보존 법칙을 이용하여 시료 원자의 충돌 후 속도를 구하면, 시간에 따른 원자의 질량의 크기를 알 수 있는 문항이다.

[수준]

- 역학적 에너지 보존과 운동량 보존을 이용하여, 등속도로 이동한 시간을 구하고, 다시 이를 통해 질량을 구하는 문항으로 보통 수준의 문항이다. 주어진 시간을 이용하여 속도를 계산하고, 그 값을 문항2에서 계산된 속도 식에 대입하면 시료의 질량을 구할 수 있으므로 시료가 어떤 원자로 되었는지 추론하는 문항으로 교육과정을 준수하는 보통 문항이다.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

3번 문항의 결과 식을 활용하면 쉽게 답을 작성할 수 있는 문항으로, 4번 문항에서 추가로 활용된 개념은 없다. 실험 결과 측정된 시간 정보를 통해 시료원자의 질량을 구하고, 주기율표에서 원자의 종류를 찾아야 하는 점, 3번 문항의 결과가 잘못된 경우에는 이 문항의 정답을 작성하지 못할 수도 있는 점이 이 문항의 특징이다.

4번 문항은 1~3번 문항에서 활용된 개념을 통해 문제를 해결할 수 있고, 그 개념들은 모두 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정에서 다루는 개념이므로 4번 문항 역시 선행학습을 유발하는 요인은 없다고 판단된다.

미지의 시료를 분석하기 위한 장치의 과학적 원리를 제시하여, 단계적으로 문제를 해결하는 과정에서 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정의 역학 및 전자기학 단원에서 다루어지는 개념들이 창의적이고 종합적으로 응용된 문항이다. 단원 사이의 개념 연결이 부족하거나 일부 개념학습이 부족한 학생의 경우에는 다소 어렵게 느껴질 수도 있겠으나, 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 교육과정을 충실히 이수한 학생은 무난히 답안을 작성할 수 있었을 것으로 본다.

▣ 논술전형 화학 : 문항카드 12

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(화학) / 1번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**화학 I**
	핵심개념 및 용어	**원자의 구조, 원자 모형, 전자, 원자핵, 중성자, 선스펙트럼, 전자껍질**
예상 소요 시간	12분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

제시문 [가]에 나타난 각 실험을 통해 밝혀진 원자의 구조에 대해서 논하시오. [8점]

3 출제 의도

〔**전체문항**〕

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기본 개념들의 원리 이해와 이를 이용한 화학 반응과 관련한 문제들의 해결 능력을 평가하고자 하였다. 특정 학습 범위나 지엽적인 지식 숙지에 치우치지 않고 화학 교과 과정의 균형 있는 학습을 유도하기 위해 화학 I과 화학 II 교과서에서 골고루 제시문을 발췌하였으며, 화학 하위 문항별 기본 개념의 성취기준에 근거하여 교과서를 위주로 공부한 학생이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제하였다.

[문항 1]

원자를 구성하는 입자들의 발견 과정과 이를 통해 밝혀진 사실에 기반을 둔 원자의 구조를 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

4 제시문 출제 근거 (공통)

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**	
관련 성취 기준	과목명: **화학 I**	관련

교육과정 내용	화학Ⅰ - (2) 개성 있는 원소	제시문 (가)
	(가)원자가 양성자, 중성자, 전자로 구성되어 있음을 알고, 지구에서 가장 흔하게 존재하는 H, C, N, O, Fe 등과 같은 원자의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다. (다)보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다.	
성취기준1	화1201-1. 원자를 구성하는 입자의 종류와 성질을 설명할 수 있다.	
성취기준2	화1201-3.원자를 구성하는 입자가 밝혀지기까지 여러 과학자들의 헌신적인 노력이 있었음을 깨닫고 그 가치를 인식한다.	
성취기준3	화1203-1. 보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다.	
성취기준4	화1203-2. 원자모형의 변천 과정을 통해 현대 원자 모형이 등장하게 된 배경을 설명할 수 있다.	

과목명: **화학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	화학 Ⅱ - (2) 물질 변화와 에너지	제시문 (나)
	(나) 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.	
성취기준1	화2202. 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.	

과목명: **화학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	화학 Ⅱ - (4) 화학 반응 속도	제시문 (나)
	(마) 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다.	
성취기준1	화2405. 반응 속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 설명할 수 있다.	

과목명: **화학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	화학 Ⅰ - (1) 화학의 언어	제시문 (다)
	(다) 원소 분석을 통하여 여러 가지 화합물의 조성을 확인하여 화학식과 분자의 구조를 밝혀내는 과정을 설명할 수 있다.	
성취기준1	화1103-1. 원소 분석을 통하여 화합물의 조성을 찾아내고 화학식을 알아내는 과정을 설명할 수 있다.	

과목명: **화학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	화학 Ⅱ - (3) 화학 평형	제시문 (라)
	(아) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.	
성취기준1	화2308-1.화학 전지, 연료 전지 원리를 산화-환원 반응으로 설명 할 수 있다.	
성취기준2	화2308-2.전기분해의 원리를 산화- 환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행정도와의 관계를 설명 할 수 있다.	

	과목명: **화학 Ⅰ**		관련
	교육과정 내용	화학 Ⅰ - (2) 개성 있는 원소	제시문 (마)
		(마)주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.	
	성취기준1	화1205. 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.	

5 화학 1번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"

관련 성취 기준

과목명: **화학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	화학Ⅰ - (2) 개성 있는 원소	1번 문항
	(가)원자가 양성자, 중성자, 전자로 구성되어 있음을 알고, 지구에서 가장 흔하게 존재하는 H, C, N, O, Fe 등과 같은 원자의 공통점과 차이점을 설명할 수 있다. (다)보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명하고, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 안다.	
성취기준1	화1201-1. 원자를 구성하는 입자의 종류와 성질을 설명할 수 있다.	
성취기준2	화1201-3 원자를 구성하는 입자가 밝혀지기까지 여러 과학자들의 헌신적인 노력이 있었음을 깨닫고 그 가치를 인식한다.	
성취기준3	화1203-1. 보어 모형을 이용하여 수소의 선스펙트럼과 에너지 준위, 대표적인 원자의 유효 핵전하 차이를 설명할 수 있다.	
성취기준4	화1203-2. 원자모형의 변천 과정을 통해 현대 원자 모형이 등장하게 된 배경을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성 여부
화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2011	59~63, 80~84, 87	○
화학Ⅰ	박종석 외	교학사	2011	57~60, 70~71	○
화학Ⅰ	김희준 외	상상아카데미	2011	47~48, 60~63, 77~78	○
화학Ⅰ	류해일 외	비상교육	2011	63~66, 76~78	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

6 문항 해설

원자를 구성하는 입자들이 밝혀지기까지 많은 과학자들의 헌신적인 노력이 있었다. 본 문항의 핵심적인 내용은 원자를 구성하는 입자들의 발견과정 및 원자의 구조를 밝히기 위한 중요한 실험들의 결과를 이해하고 이를 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가한다.

7 채점 기준

하위 문항	채점기준	배점
1	- 제시문 [가]의 네 가지 실험의 과학적 의미를 명확히 이해한다. - 음극선 실험과 전자의 발견을 연관 지을 수 있다. - 러더퍼드의 실험을 통해 밝혀진 원자핵과 원자의 구조를 설명할 수 있다. - 채드윅의 실험과 중성자의 발견을 연관 지을 수 있다. - 불연속적인 선스펙트럼과 원자 구조와의 관계를 해석할 수 있다.	8

■ ㄱ) 음극선의 발견 → 원자의 구성 입자로서 전자의 발견 (톰슨의 원자 모형으로 발전)
■ ㄴ) 불연속적인 스펙트럼 → 전자의 에너지 준위가 존재 (보어의 모형이 제안되는 동기가 됨)
■ ㄷ) 러더퍼드의 실험 → 원자핵의 발견 (러더퍼드의 원자 모형으로 발전)
■ ㄹ) 채드윅의 실험에서 전하를 띠지 않는 입자의 발견 → 중성자의 존재
위 각 실험을 통해서 발견된 입자 또는 입자의 특성을 원자모형과 연계하여 설명하여야 함.

위 사실을 원자모형과 연계하여 설명한 경우 각각 배점 부여
각각의 사실을 단순히 나열한 경우에는 감점할 수 있음

8 예시 답안

■ 예시답안

(ㄱ) 의 실험을 통해서 음극선의 발견을 하였으며 음전하를 띤 전자가 원자를 구성하는 입자임을 추론하였다. 톰슨은 이러한 발견을 기초로 양전하를 띤 입자에 전자가 드문드문 박혀 있는 원자 모형을 제안하였다.
(ㄴ) 불연속적인 스펙트럼은 전자의 에너지 준위가 존재함을 나타낸다. 불연속적인 스펙트럼은 (ㄷ) 실험을 통해서 러더퍼드가 제안한 원자모형에 모순되며 여러 개의 에너지 준위가 다른 전자껍질을

가진 보어의 원자 모형이 제안되었다.
(ㄷ) 러더퍼드는 알파입자 산란실험을 통해서 양전하를 띠며 질량이 크고 매우 작은 크기의 입자 즉 원자핵이 존재함을 증명하였으며 원자핵의 주위를 전자가 회전하고 있는 러더퍼드의 원자모형이 제안되었다.
(ㄹ) 채드윅은 알파 입자를 충돌시키는 실험을 통해서 전하를 띠지 않는 중성자를 발견하였으며 원자핵에 양성자와 중성자가 함께 존재한다는 사실을 추론하였다.

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 원자를 구성하고 있는 입자가 발견된 과학자들의 실험과 관련된 원자의 구조와의 관계, 원자의 선스펙트럼으로 알 수 있는 보어의 원자모형에 대해 묻는 문항으로 교육과정에 있는 내용임.

[수준]

- 원자는 양성자와 중성자로 구성된 원자핵과 원자핵의 바깥에 위치한 전자로 구성된다는 것을 설명하고 보어 모형을 이용하여 원소의 선스펙트럼과 에너지 준위를 설명할 수 있는 지 묻는 '상' 수준의 문항임.

⑨ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

제시문[가]는 원자를 구성하고 있는 입자가 발견되기까지 과학자들의 실험을 보여주고 있다. 문항1은 이를 통해 밝혀진 원자의 구조가 전자, 양성자, 중성자로 구성되어 있음을 알고, 선스펙트럼 실험을 통해 전자의 에너지 준위가 불연속적이라는 사실을 관련지어 설명할 수 있는지를 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위한 모든 개념은 화학Ⅰ (2) 개성 있는 원소 단원에서 공통적으로 다루고 있는 교육과정 내 필수 개념으로 분석한 4종 교과서에 모두 수록되어 있다. 이에 교육과정 중심의 교과내용을 이해하고 있으면 충분히 해결할 수 있는 문항으로 제시문과 문항, 채점기준 모두 교육과정의 범위와 수준을 철저히 준수하고 있다. 개념의 이해정도로 해결할 수 있는 문항에 해당하므로 난이도는 '중' 수준에 해당한다.

▣ 논술전형 화학 : 문항카드 13

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(화학) / 2번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**화학Ⅰ, 화학Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**탄산칼슘과 염산의 반응, 반응 속도에 영향을 주는 요인, 화학 반응식**

예상 소요 시간	12분/ 총 60분

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

탄산칼슘($CaCO_3$)을 염산(HCl) 수용액에 넣으면 기체가 발생하면서 서서히 녹는다. 탄산칼슘과 염산이 반응하는 과정의 화학 반응식을 나타내고, 염산 수용액에 분말 상태의 탄산칼슘을 넣었을 때와 덩어리 상태의 탄산칼슘을 넣었을 때의 반응 속도가 어떻게 다른지 논하시오. 또, 이 반응의 반응 속도에 영향을 줄 수 있는 추가적인 요인들에 대해서 논하시오. [8점]

3 출제 의도

[전체문항]

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기본 개념들의 원리 이해와 이를 이용한 화학 반응과 관련한 문제들의 해결 능력을 평가하고자 하였다. 특정 학습 범위나 지엽적인 지식 숙지에 치우치지 않고 화학 교과 과정의 균형 있는 학습을 유도하기 위해 화학 I과 화학 II 교과서에서 골고루 제시문을 발췌하였으며, 화학 하위문항 별 기본 개념의 성취기준에 근거하여 교과서를 위주로 공부한 학생이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제하였다.

[문항 2]

교과서에 제시된 대표적인 기체 발생 반응인 탄산칼슘과 염산의 반응 과정을 이해하고 화학 반응의 속도에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인들이 있음을 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

4 화학 2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **화학 I**		관련
	교육과정 내용	화학Ⅰ - (1) 화학의 언어	2번 문항
		(마)여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다	
	성취기준1	화1105-1. 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 그 의미를 설명할 수 있다.	
	과목명: **화학 II**		관련
	교육과정 내용	화학II - (4) 화학 반응 속도	2번 문항
		(다) 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 이해하고, 반감기를	

	정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다. (라) 반응 속도가 온도에 따라 민감하게 변한다는 사실을 이해한다. (마) 반응 속도가 반응과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 인식한다.	
성취 기준1	화2403-1. 반응 속도의 농도 의존도가 다양하다는 사실을 설명하고, 반감기를 정의할 수 있는 경우도 있음을 설명할 수 있다.	
성취 기준2	화2404-1. 기체 분자 운동 에너지 분포 곡선을 이용하여 온도와 반응 속도의 관계를 설명할 수 있다.	
성취 기준3	화2405. 반응속도가 반응 과정에서 극복해야 할 에너지 장벽에 따라 결정됨을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2011	41~42, 48, 87, 111~113	○
화학Ⅰ	박종석 외	교학사	2011	38~40	○
화학Ⅰ	김희준 외	상상아카데미	2011	47~48	○
화학Ⅰ	류해일 외	비상교육	2011	42~46	○
화학Ⅱ	노태희 외	천재교육	2011	85~87, 90~94, 206, 213~215, 222, 226~227	○
화학Ⅱ	박종석 외	교학사	2011	87~91, 94~97, 234, 238, 248~249, 254	○
화학Ⅱ	김희준 외	상상아카데미	2011	87~91, 95~98, 213~215, 221~224	○
화학Ⅱ	류해일 외	비상교육	2011	86~95, 225~227, 231~235	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

화학반응의 속도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 논술을 요구하고 있음. 입자간의 충돌 횟수가 반응 속도에 매우 큰 영향을 주고 있음을 이해하고 고체인 탄산 칼슘 표면적과 충돌 횟수에 따른 반응 속도 차이를 유추할 수 있는지 평가한다. 또한 반응 속도에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인들을

이해하고 있는지 평가한다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
2	- 표면적이 반응을 위한 충돌 횟수에 영향을 줌을 이해하고, 덩어리와 가루 상태의 반응 속도 차이에 적용할 수 있다. - 화학 반응 속도에 영향을 주는 다양한 요인들을 제시할 수 있다.	8

▪ 탄산칼슘과 염산 수용액의 화학반응식을 명확히 기재하였는가?

$CaCO_3(s) + 2H^+(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

오답예) $CaCl_2$를 고체로 표기하거나 CO_2를 H_2CO_3 수용액의 형태로 표기

▪ 탄산칼슘 분말이 더 빠르게 반응하는 것을 충돌횟수와 연관 지어 설명할 수 있는가?

▪ 반응속도에 영향을 줄 수 있는 추가적인 요인들에 대해서 설명할 수 있는가?
(온도, HCl의 농도, 기압 등의 요인)

7 예시 답안

■ 예시답안

탄산칼슘과 염산이 반응하는 과정의 화학반응식은 다음과 같다.

$CaCO_3(s) + 2H^+(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

제시문[나]에서 화학반응이 일어나기 위해서는 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 유효한 방향으로 충돌하는 유효충돌이 필요하다고 설명하고 있다. 분말 상태의 탄산칼슘이 덩어리 상태의 탄산칼슘보다 상대적으로 넓은 표면적을 가지게 되며 같은 조건에서 유효충돌이 일어날 가능성이 커지게 될 것이다. 따라서, 분말 상태의 탄산칼슘이 더 빠르게 반응하게 될 것이다.

반응을 빠르게 하기 위해서는 유효충돌이 증가해야 한다. 온도를 높여주게 되면 입자의 운동이 빨라지게 되어 활성 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 증가해 반응속도가 빨라진다. 또한 염산의 농도를 높여주게 되면 용액 내에 입자가 많아지게 되므로 유효충돌 또한 증가하게 될 것이다.

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 반응물과 생성물의 정보를 통해 화학 반응식을 완성하고, 고체 반응물의 표면적에 따라 반응 속도가 달라지는 현상과 그 외 반응 속도를 변화시키는 요인에 대해 묻는 문항으로 교육과정에 있는 내용임.

[수준]

- 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 농도 변화(고체 반응물인 경우 표면적)에 따른 반응

속도의 변화를 분자의 충돌로 설명할 수 있으며 농도 및 온도와 반응 속도와의 관계를 정성적으로 설명할 수 있는 지 묻는 '중' 수준의 문항임.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항2를 해결하기 위해서는 두 가지 교육과정 내용에 대한 이해를 필요로 한다. 우선 문제에서 주어진 반응물과 기체 생성물이란 정보를 통해서 이를 화학 반응식으로 나타낼 수 있어야 한다. 또한 이 반응에서 반응 속도에 영향을 미치는 다양한 요인들을 찾아 설명할 수 있어야 한다.

첫 번째 교육과정 내용은 화학Ⅰ (1) 화학의 언어 단원에서 제시하는 '화1105-1. 화학반응을 화학 반응식으로 나타내고, 그 의미를 설명할 수 있다'는 성취기준에 해당하는 내용으로 교육과정 범위와 수준을 준수하고 있다. 또한 이 문항에서 요구하는 탄산칼슘과 염산과의 반응은 화학 반응식의 예시로 교과서에서 많이 활용되고 있어 학생들이 어렵지 않게 답안을 작성할 수 있었을 것이다.

두 번째 교육과정 내용은 화학Ⅱ (4) 화학 반응 속도 단원에서 반응 속도의 농도, 온도, 촉매 등의 의존도에 관한 주제를 다루고 있는데, 농도 의존도에 대한 원리는 분자의 충돌수 개념으로 설명하고 있다. 또한 기체의 압력과 반응 속도 관계, 표면적과 접촉 면적의 개념도 충돌수와 관련지어 설명하면서 충돌수와 반응 속도 관계를 다양한 관점에서 다루고 있다.

문항 2를 해결하기 위한 모든 개념과 용어, 채점기준은 교육과정 내 범위와 수준을 철저히 준수하고 있다. 이에 교과 내 개념을 원리적으로 이해한 학생은 문항을 해결하는데 어려움이 없었을 것이다. 다만 한 문항을 해결하기 위한 여러 가지 개념들을 놓치지 않고 서술해야 하기 때문에 난이도는 중상에 해당한다.

▣ 논술전형 화학 : 문항카드 14

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(화학) / 3번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**화학Ⅰ, 화학Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**원소분석, 열화학 반응식, 헤스법칙**
예상 소요 시간	12분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

화합물 A는 탄소, 수소, 산소로 구성되어 있다. [그림1]의 장치를 이용하여 23 g의 화합물 A의 원소분석을 진행하였더니 염화 칼슘($CaCl_2$)의 질량이 27 g 증가했고 수산화 나트륨(NaOH)의 질량은 44 g 증가했는데, 화합물 A가 연소되는 과정에서는 683 kJ의 열이 발생하였다. 한편, 산소가 부족한 환경에서 1몰의 화합물 A를 연소시켰을 때 일산화 탄소(CO)와 수증기(H_2O)의 혼합물이 생성되었으며, 이 혼합물에 충분한 산소를 공급하여 다시 연소시켰을 때에는 566 kJ의 열이 발생하였다. 화합물 A를 산소가 부족한 환경에서 연소시켜 일산화 탄소와 수증기를 생성하는 반응의 열화학 반응식을 풀이 과정과 함께 논하시오 (단, 탄소, 수소, 산소의 원자량은 각각 12, 1, 16이며, 모든 반응 조건은 25˚C, 1기압이라 가정하라). [8점]

3 출제 의도

[전체문항]

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기본 개념들의 원리 이해와 이를 이용한 화학 반응과 관련한 문제들의 해결 능력을 평가하고자 하였다. 특정 학습 범위나 지엽적인 지식 숙지에 치우치지 않고 화학 교과 과정의 균형 있는 학습을 유도하기 위해 화학 I과 화학 II 교과서에서 골고루 제시문을 발췌하였으며, 화학 하위문항 별 기본 개념의 성취기준에 근거하여 교과서를 위주로 공부한 학생이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제하였다.

[문항 3]

원소 분석 방법을 이용하여 탄소, 수소, 산소로 구성된 화합물의 조성을 결정하고 헤스의 법칙을 이용하여 열화학 반응식의 반응열을 예측할 수 있는지 평가하고자 하였다.

4 화학 3번 문항 출제 근거

<table>
<tr><td>적용
교육과정</td><td colspan="3">교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”</td></tr>
<tr><td rowspan="5">관련
성취
기준</td><td colspan="2">과목명: 화학 I</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>화학Ⅰ - (1) 화학의 언어</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>(다) 원소 분석을 통하여 여러 가지 화합물의 조성을 확인하여 화학식과 분자의 구조를 밝혀내는 과정을 설명할 수 있다.
(라) 아보가드로의 수와 몰의 의미를 이해한다.
(아) 여러 가지 화학 반응을 화학 반응식으로 나타낼 수 있고, 원자량과 분자량 등을 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 알 수 있다.</td></tr>
<tr><td>성취
기준1</td><td>화1103-1. 원소 분석을 통하여 화합물의 조성을 찾아내고 화학식을 알아내는 과정을 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td>성취
기준2</td><td>화1104. 아보가드로의 수와 몰의 의미를 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td>성취
기준3</td><td>화1105-1. 화학 반응을 화학 반응식으로 나타내고, 그 의미를 설명할 수 있다</td><td></td></tr>
</table>

과목명: **화학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	화학 Ⅱ- (2) 물질 변화와 에너지	
	(나) 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.	
성취기준1	화2202. 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 설명하고, 헤스의 법칙을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성여부
화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2011	33~34, 41~42	○
화학Ⅰ	박종석 외	교학사	2011	24~25, 35~36, 38~39	○
화학Ⅰ	김희준 외	상상아카데미	2011	33~34, 39~41, 47~48	○
화학Ⅰ	류해일 외	비상교육	2011	34~38, 42~46	○
화학Ⅱ	노태희 외	천재교육	2011	85~87, 90~94, 179, 193, 206, 213~215, 222, 226~227	○
화학Ⅱ	박종석 외	교학사	2011	87~91, 94~97, 198~199, 204~205, 207, 234, 238, 248~249, 254	○
화학Ⅱ	김희준 외	상상아카데미	2011	87~91, 95~98, 185~186, 189~190, 213~215, 221~224	○
화학Ⅱ	류해일 외	비상교육	2011	190-195	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자(저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

원소 분석 결과와 주어진 반응열을 이용하여 탄소, 수소, 산소로 이루어진 화합물의 실험식과 분자식을 결정할 수 있는지 평가한다. 또한 헤스 법칙을 이해하고 이를 이용하여 열화학 반응식의 반응열을 유추할 수 있는지 평가한다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
3	- 원소 분석 결과와 반응열을 이용하여 화합물 A의 화학적 조성과 분자식을 파악한다. - 헤스 법칙을 이용하여 화합물 A가 일산화 탄소와 수증기로 변환되는 과정의 열화학 반응식을 완성한다.	8

문항해설: 유기화합물의 연소반응에서의 화학반응식을 완성하고 헤스의 법칙을 이용하여 반응열을 계산하는 문제임.

■ 리비히의 방법을 이용하여 화합물 A의 실험식을 완성할 수 있는가?
C, H, O의 비를 이용하여 C_2H_6O의 실험식을 완성할 수 있음.

■ 불완전 연소시의 화학반응식을 명확히 기재하였는가?
$C_2H_6O + 2O_2 \rightarrow 2CO + 3H_2O$

■ 화합물 A의 불완전 연소 반응물의 연소를 통해서 2몰의 CO가 생성됨을 파악하였으며 이를 이용하여 화합물 A의 분자식이 실험식과 일치함을 파악하였는가?
열화학 계산 없이 실험식을 화합물 A의 분자식으로 간주한 경우는 감점.

■ 불완전 연소과정에서의 반응열이 800 kJ/mol임을 헤스의 법칙을 이용하여 계산할 수 있는가?

7 예시 답안

■ 예시답안

원소분석을 통해서 화합물A의 실험식은 C_2H_6O가 됨을 다음 과정을 통해서 알 수 있다.
$CaCl_2$의 질량증가 27g = 1.5 mol H_2O (수소 3g, 산소 24g)
NaOH의 질량증가 44g = 1 mol CO_2 (탄소 12g, 산소 32g)
화합물A의 질량 (23g) - 수소의 질량 (3g) - 탄소의 질량 (12g) = 화합물A중의 산소의 질량 (8g)
화합물 A에 포함된 탄소, 수소, 산소의 비 C:H:O = 12/12:3/1:8/16 = 1:3:0.5 = 2:6:1
따라서, 화합물 A의 실험식은 C_2H_6O가 된다.

화합물 A의 분자식 = n×(실험식) = $C_{2n}H_{6n}O_n$이라 할 때, 화합물 A로부터 일산화 탄소와 수증기가 생성되는 과정의 화학 반응식은 다음과 같다.
$C_{2n}H_{6n}O_n + 2nO_2 \rightarrow 2nCO + 3nH_2O$
이 반응을 통해서 생성된 물질을 충분한 산소를 공급하여 다시 연소시켰을 때 566 kJ의 열량이 발생되었다.
이 과정의 열화학 반응식은 다음과 같다.
$2nCO + nO_2 \rightarrow 2nCO_2 + 566\ kJ$
제시문[나]에 주어진 생성열을 이용하면 n을 구할 수 있다.
$\Delta H = 2n\times(-393.5) - 2n\times(-110.5) = -566\times n\ kJ$

즉, n=1이고 1몰의 화합물 A로부터 2몰의 CO가 생성됨을 의미한다. 따라서, 화합물A의 분자식은 C_2H_6O이고 분자량은 46이다.

화합물 A 23g이 연소될 때 683 kJ의 열이 발생되었으므로 1몰의 화합물 A가 연소되는 과정에서 발생되는 열량은 1366 kJ이 된다. 그러므로, 헤스 법칙을 이용하여 일산화 탄소와 수증기가 생성되는 반응의 열화학 반응식을 구할 수 있다.

$C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad \Delta H_1 = -1366\ kJ$

$2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2 \quad \Delta H_2 = 566\ kJ$

$C_2H_6O + 2O_2 \rightarrow 2CO + 3H_2O \quad \Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -800\ kJ$

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 원소 분석법을 통하여 주어진 화합물의 실험식을 알아내고 연소열을 통해 반응물질에 들어 있는 탄소의 양을 정량적으로 알아내서 주어진 화합물의 분자식을 구한 후 헤스 법칙을 통해 주어진 화학 반응의 열화학 반응식을 묻는 문항으로 교육과정에 있는 내용임.

[수준]

- 원소 분석을 통하여 화합물의 조성을 찾아내고 화학식을 알아내며 아보가드로의 수와 몰의 의미를 이용하여 문제를 해결할 수 있고 헤스의 법칙을 이용하여 열화학 반응식을 구할 수 있는 지 묻는 '상' 수준의 문제임.

8 선행학습 영향평가 위원 검토의견

문항 3은 화학Ⅰ과 화학Ⅱ 교육과정 내 개념을 활용해 순차적으로 해결해야 하는 문항으로 분석적이고 논리적인 사고력을 필요로 한다. 기존에 화학Ⅰ에서만 다루는 원소 분석법과 화학Ⅱ의 헤스 법칙을 함께 적용한 문항으로 학생들에게는 다소 생소하게 느껴졌을 것이다. 기존에 화학Ⅰ과 화학Ⅱ 교과 개념을 분리해 평가해야 했던 문제점을 보완하고 개념을 연계해서 해결해야 하므로 종합적 사고력을 평가하기에 적합한 수준 있는 문항으로 판단된다.

원소 분석을 통해 주어진 화합물의 실험식이 C_2H_6O을 알아내고 제시문에서 주어진 생성열을 통해 CO의 연소열(ΔH)이 $-283\,kJ/mol$임을 계산할 수 있어야 한다. 또한 문항에서 주어진 1몰의 화합물 A를 연소시켜 생성된 CO의 반응열(ΔH)이 $-566\,kJ/mol$라는 사실을 통해 1몰의 화합물 A에 포함된 탄소의 양이 2몰이라는 정량적 분석결과를 도출할 수 있어야 한다. 이를 토대로 화합물의 실험식과 분자식이 같다는 사실을 인지해야 한다. 마지막으로 C_2H_6O의 연소열과 CO의 연소열을 나타내는 두 가지 열화학반응식에 대해 헤스 법칙을 적용해 문제에서 제시한 화합물 A의 열화학 반응식을 완성할 수 있어야 한다.

이 문항을 해결하기 위한 활용된 원소 분석, 반응열, 헤스 법칙은 모두 교육과정 내 핵심 개념으로 문항 관련 제시문, 용어, 단위, 채점기준까지 모두 철저하게 교육과정 범위를 준수하고 있다. 다만 위계가 다른 화학Ⅰ과 화학Ⅱ 교과 개념을 복합적으로 활용해 문제를 해결해야 하므로 단편적 사고에 익숙한 학생들은 문제 해결에 어려움을 겪었을 것으로 예상할 수 있으므로 난이도는 상에 해당한다.

▣ 논술전형 화학 : 문항카드 15

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(화학) / 4번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**화학Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**다니엘 전지, 산화 전극, 환원 전극, 산화-환원 반응, 염다리**
예상 소요 시간	12분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

다니엘 전지의 산화 전극 및 환원 전극에서 일어나는 반응을 이온 농도와 전극 질량의 변화와 관련지어 설명하고, 이 반응 과정에서 염다리가 어떤 역할을 하는지 논하시오. [8점]

3 출제 의도

[전체문항]

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기본 개념들의 원리 이해와 이를 이용한 화학 반응과 관련한 문제들의 해결 능력을 평가하고자 하였다. 특정 학습 범위나 지엽적인 지식 숙지에 치우치지 않고 화학 교과 과정의 균형 있는 학습을 유도하기 위해 화학 I과 화학 II 교과서에서 골고루 제시문을 발췌하였으며, 화학 하위문항 별 기본 개념의 성취기준에 근거하여 교과서를 위주로 공부한 학생이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제하였다.

[문항 4]

대표적인 화학 전지인 다니엘 전지의 구성을 이해하고 전지에서의 산화-환원 반응 과정을 통해 이루어지는 다니엘 전지의 작동 원리를 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다.

4 화학 4번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **화학 Ⅱ**		관련
	교육 과정 내용	화학Ⅱ- (3) 화학 평형	4번 문항
		(아) 화학 전지, 연료 전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다.	
	성취 기준1	화2308-1. 화학 전지, 연료 전지의 원리를 산화-환원 반응으로 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
화학Ⅱ	노태희 외	천재교육	2011	179, 193	○
화학Ⅱ	박종석 외	교학사	2011	198~199, 204~205, 207	○
화학Ⅱ	김희준 외	상상아카데미	2011	185~186, 189~190	○
화학Ⅱ	류해일 외	비상교육	2011	190~195	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

다니엘 전지의 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 화학적 변화를 표준 환원 전위의 차이를 이용하여 설명이 가능한지 평가한다. 또한 산화-환원 반응을 통한 다니엘 전지의 작동 과정에서 염다리의 역할을 이해하고 있는지 평가한다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
4	- 산화-환원 반응에 의한 다니엘 전지의 작동 과정을 이해한다. - 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 화학적 변화와 이에 따른 용액의 이온 농도의 변화 및 전극의 질량 변화를 서술할 수 있다. - 다니엘 전지에서 염다리의 역할을 설명할 수 있다.	8

▪ 산화전극과 환원전극을 구분할 수 있는가?
Zn – 산화 전극; Cu – 환원 전극

▪ 산화전극에서의 변화와 환원전극에서 변화를 명확히 기술하였는가?
산화전극에서는 전극 (Zn)의 질량이 감소하고 양이온 (Zn^{2+})의 농도가 증가,
환원전극에서는 전극 (Cu)의 질량이 증가하며 양이온 (Cu^{2+})의 농도가 감소.

▪ 염다리의 역할을 이해하고 있는가?
산화환원반응이 진행되는 동안 발생하는 양쪽 수용액의 전하 불균형을 해소하여 전기가 흐르게 함.

7 예시 답안

■ 예시답안

Zn는 산화 전극이며 Cu는 환원 전극이 된다.
산화 전극에서는 전극 (Zn)이 산화되어 수용액으로 녹아 들어가게 되므로 전극의 질량이 감소하고 양이온 (Zn^{2+})의 농도가 증가한다. 반대로 환원 전극에서는 수용액상의 Cu^{2+}이온이 환원되어 전극에 석출되므로 전극의 질량은 증가하며 양이온의 농도는 감소하게 된다. 산화-환원 반응이 진행되는 동안 한쪽 수용액에서는 양이온의 농도가 감소하며 한쪽 수용액에서는 양이온의 농도가 증가하므로 양쪽 수용액에서 전하 불균형이 발생하게 된다. 염다리는 이러한 전하 불균형을 해소하여 전기가 잘 흐르게 하는 역할을 하게 된다.

■ 입실교사 검토의견

[범위]
- 산화와 환원의 정의를 이해하여 화학 전지의 각 전극에서 일어나는 산화-환원 반응과 이온 수 및 전극 질량의 변화를 기술하고 염다리의 역할에 대해 묻는 문항으로 교육과정에 있는 내용임.

[수준]
- 다니엘 전지의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고 염다리의 역할을 설명할 수 있는 지 묻는 '중' 수준의 문제임.

8 선행학습 영향평가 위원 검토의견

문항 4는 다니엘 전지에 대한 원리와 개념을 묻고 있다. 다니엘 전지의 원리와 관련된 산화-환원 반쪽 반응식과 이에 따른 이온의 농도 변화, 전극의 질량변화, 염다리의 역할은 교육과정 내용과 성취기준에 철저히 부합하는 개념으로 화학Ⅱ (3) 화학 평형 단원의 교육과정[(아) 화학전지, 연료전지, 전기 분해의 원리를 산화-환원 반응으로 설명하고, 전기량과 반응의 진행 정도와의 관계를 설명할 수 있다] 내용을 통해 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 내용이다. 이에 교육과정을 정상적으로 이수하고 교과서를 통해 개념을 학습한 학생은 답안을 작성하는데 어려움이 없었을 것이다. 난이도는 중하에 해당한다.

▣ 논술전형 화학 : 문항카드 16

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(화학) / 5번 문항**	
출제 범위	고등학교 과 목명	**화학 I**
	핵심개념 및 용어	**순차적 이온화 에너지, 핵과 전자 사이의 인력, 원자가 전자, 전자 배치**
예상 소요 시간	12분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

마그네슘($_{12}$Mg)의 순차적 이온화 에너지 E_1, E_2, E_3의 상대적 크기를 비교하고, 그 결과에 대한 이유를 논하시오. [8점]

3 출제 의도

[전체문항]

고등학교 화학 교과 과정에서 배우는 기본 개념들의 원리 이해와 이를 이용한 화학 반응과 관련한 문제들의 해결 능력을 평가하고자 하였다. 특정 학습 범위나 지엽적인 지식 숙지에 치우치지 않고 화학 교과 과정의 균형 있는 학습을 유도하기 위해 화학 I과 화학 II 교과서에서 골고루 제시문을 발췌하였으며, 화학 하위문항 별 기본 개념의 성취기준에 근거하여 교과서를 위주로 공부한 학생이 수월하게 답안을 작성할 수 있도록 출제하였다.

[문항 5]
주기율표상의 원자의 성질이 주기적으로 변화되고 있음을 이해하고 원소의 주기적 성질 중 하나인 이온화 에너지를 원자가 전자와 전자 배치와 관련하여 이해하고 있는지 평가하고자 하였다.

4 화학 5번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **화학 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	화학Ⅰ- (2) 개성 있는 원소	5번 문항
		(마)주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다	
	성취 기준1	화1205. 주기율표에서 원자가전자의 수, 원자 반지름, 이온화 에너지, 전기 음성도 등 원자의 성질이 주기적으로 변화됨을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2011	111~113	○
화학Ⅰ	박종석 외	교학사	2011	99~100	○
화학Ⅰ	김희준 외	상상아카데미	2011	98~100	○
화학Ⅰ	류해일 외	비상교육	2011	110~112	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

마그네슘 원자의 순차적 이온화 에너지는 점차 증가한다. 또한 제일 이온화 에너지와 제이 이온화 에너지 사이의 차이보다 제이 이온화 에너지와 제삼 이온화 에너지 사이의 차이가 크게 증가한다. 이러한 순차적 이온화 에너지의 변화 경향을 원소의 주기율, 원자가 전자, 전자 배치와 관련지어 설명할 수 있는지 평가한다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
5	- 이온화 에너지를 원자핵과 전자의 인력과 연관 지을 수 있다. - 전자를 순차적으로 떼어냄에 따라 전자간의 반발이 줄어들고 순차적 이온화 에너지가 증가함을 서술할 수 있다. - 제삼 이온화 에너지가 크게 증가하는 원인을 원자가 전자 및 전자껍질의 전자 배치를 이용하여 설명할 수 있다.	8

■ 순차적 이온화 에너지의 크기 순서를 잘 표시하고 있는가?

$E_1 < E_2 << E_3$

■ 1차 이온화 에너지보다 2차 이온화 에너지가 큰 이유를 잘 설명하고 있는가?

원자가 전자들 간의 반발력 감소와 전자와 핵 사이의 인력이 증가

■ 2차 이온화 에너지보다 3차 이온화 에너지가 매우 큰 이유를 잘 설명하고 있는가?

원자껍질이 줄어들면서 핵과 전자 사이의 거리가 가까워짐. 유효핵전하가 매우 커짐. 옥텟규칙에서 벗어나게 됨.

7 예시 답안

■ 예시답안

순차적 이온화 에너지의 크기는 다음과 같다.

$E_1 < E_2 << E_3$

음전하를 띤 전자들은 서로 반발력을 가지고 있다. 전자가 떨어져 나가면서 원자가 전자 사이의 반발력이 감소하고 유효 핵전하가 증가하여 그 다음 전자를 떼어내기 위해서는 더 큰 에너지가 필요하게 된다. 따라서 제일 이온화 에너지보다 제이 이온화 에너지가 커지게 된다.

마그네슘의 경우 원자가전자를 2개 가지고 있기 때문에 원자가 전자 2개를 모두 제거하고 나면 전자껍질이 줄어들게 되며 원자핵과 전자의 거리가 더 가까워지게 된다. 따라서, 음전하를 띤 전자와 양전하를 띤 원자핵과의 인력은 급격하게 증가하게 되며 제삼 이온화 에너지는 제이 이온화 에너지보다 매우 큰 값을 가지게 된다.

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 원자의 순차적 이온화 에너지의 차이와 순차적 이온화 에너지의 차이가 나는 이유에 대해 묻는 문항으로 교육과정에 있는 내용임.

[수준]

- 순차적 이온화 에너지의 상대적 크기를 비교하고 원소의 주기율을 전자 배치와 관련지어 설명할 수 있는지 묻는 문항으로 '중' 수준의 문제임.

[총평]

이번 논술은 제시문과 문항 모두 화학I 및 화학II의 2009개정 교육과정의 성취기준 및 성취수준에 근거하여 적절하게 제시되었다. 문항에서 요구하는 성취 내용들도 고등학교 화학의 특정 분야나 단원에 치우치지 않으면서 가장 핵심적인 것들로 적절하게 구성되었다. 고등학교 학교 교육을 통해 화학I 및 화학II를 충실히 이수한 학생들이 과학적이고 논리적인 수학능력을 가지고 있는지 판단할 수 있는 적합한 문제들로 판단된다.

교육과정에 위배된 내용은 없으며 3번 문항은 여러 가지 내용을 적용하여 해결해야 하는 문제로 풀이 시간이 좀 길 것으로 예견됨. 나머지 문항은 단순히 알고 있는 지식을 논리적으로 서술하면 되기 때문에 시간이 길게 걸리지 않을 것으로 보임. 5개 문항의 배점이 모두 같은데 문항의 난이도에 따라 배점이 다르면 좋겠다는 의견임.

8 선행학습 영향평가 위원 검토의견

문항5를 해결하기 위해서는 마그네슘의 순차적 이온화 에너지가 증가하는 이유를 설명할 수 있어야 한다. 이온화 에너지의 주기적 성질은 교육과정 내용에 해당하며, 순차적 이온화 에너지가 증가하는 이유는 화학Ⅰ 모든 교과서에서 공통적으로 다루고 있다. 이에 교육과정을 충실히 이수한 학생이라면 어렵지 않게 답안을 작성할 수 있었을 것으로 판단된다. 단, 수학 능력 평가 문항과 같은 선다형에 익숙한 학생들은 이온화 에너지의 크기를 주기율표에서 원소의 위치를 판단하는 수치적인 자료나 도표로만 다뤄 왔기 때문에 순차적 이온화 에너지가 증가하는 원리적으로 서술하는 것에는 어려움이 있었을 것이다.

교과개념을 원리적으로 이해하고 서술할 수 있는지를 평가하는 문항으로 난이도는 '중'에 해당한다.

문항 5를 해결하기 위한 개념과 관련된 제시문[마], 채점 기준, 부호와 기호 모두 교육과정 범위를 철저히 준수하고 있다.

▣ 논술전형 생명과학 : 문항카드 17

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(생명과학) / 1번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**생명과학 I**
	핵심개념 및 용어	**우성과 열성, 단성잡종, 유전자형과 표현형의 비, 분리의 법칙**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

제시문에서 알 수 있듯이 멘델은 자신의 실험 결과에 근거하여 유전을 설명하는 기본원리를 발견하였다. 멘델이 자신의 실험결과를 설명하기 위해 필요했던 가정은 무엇인지 제시문에 근거하여 논술하시오. [10점]

3 출제 의도

멘델의 단성잡종 교배에서 얻은 실험결과를 해석하여 유전의 기본 원리가 발견될 때 필요한 가정이나 가설이 무엇인지를 멘델의 실험결과에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 추론하는 능력을 평가한다.

4 제시문 출제 근거 (공통)

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**		
관련 성취 기준	과목명: **생명과학 I**		관련
	교육과정 내용	생명과학Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (가) 세포와 세포분열	제시문 (가)
		① DNA, 유전자, 염색체의 관계를 이해한다.	
	성취기준1	생1211-1. DNA가 고도로 응축된 형태가 염색체이며, 동물과 식물세포에서 염색체는 상동의 쌍으로 존재함을 설명할 수 있다.	
	성취기준2	생1211-2. 유전자의 개념을 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (가) 세포와 세포분열	제시문 (나)
	③ 감수분열에서의 염색체 행동을 유전자와 관련지음으로써 생명의 연속성을 이해한다.	
성취기준1	생1213-1. 감수분열의 각 단계에서 염색체의 변화 과정과 감수분열을 함으로써 세대를 거듭해도 유전물질의 양이 일정하게 유지됨을 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학Ⅰ- (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	제시문 (다)
	① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다.	
성취기준1	생1221-1. 분리의 법칙을 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	제시문 (라)
	① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다.	
성취기준1	생1221-2. 독립의 법칙을 설명할 수 있다	

과목명: **생명과학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	생명과학Ⅱ - (2) 유전자와 생명공학 - (가) 유전자와 형질 발현	제시문 (마)
	② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다.	
성취기준1	생2212-1. 유전정보가 저장된 형태를 설명할 수 있다.	
성취기준2	생2212-2. 유전자에서 RNA로 전사되는 과정을 설명할 수 있다.	
성취기준3	생2212-3. mRNA에서 단백질이 합성되는 번역과정을 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학Ⅰ - (2)세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	제시문 (마)
	③ 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다.	
성취기준1	생1223-2. 유전자 돌연변이를 설명할 수 있다.	

5 생명과학 1번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"
관련	

성취 기준	과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	생명과학Ⅰ- (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	1번 문항
		① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다.	
	성취 기준1	생1221-1. 분리의 법칙을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
생명과학 Ⅰ	이준규 외	천재교육	2014	42-89	○
생명과학 Ⅰ	박희송 외	교학사	2017	56-117	○
생명과학 Ⅰ	권혁빈 외	교학사	2017	38-92	○
생명과학 Ⅰ	이길재 외	상상아카데미	2017	48-98	○
생명과학 Ⅰ	심규철 외	비상교육	2017	48-102	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

6 문항 해설

[문항 1] 제시문의 내용은 DNA, 유전자, 염색체간의 관계와 대립유전자의 개념, 감수분열동안 상동염색체의 변화과정, 그리고 멘델이 수행한 단성 교배 실험의 결과와 다음 세대의 유전자형과 표현형 비율의 특성에 대해 기술한 것으로 고등학교 생명 과학 Ⅰ의 교육과정에서 다루어지는 내용으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 언급된 멘델의 단성잡종 교배에서 얻은 실험결과를 해석하여 기본 유전원리가 발견될 때 필요한 가정이나 가설이 무엇인지를 멘델의 실험결과에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 추론하는 능력을 요구하는 문항이다.

7 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
문항 1	**[채점 요소]** - 멘델의 실험 결과를 해석하고 이를 근거로 유전의 기본원리를 제	**10**

	안할 수 있는지? **[채점 준거]** - 채점 요소에 언급된 내용을 옳고 논리적으로 설명한 정도에 따라 상, 중, 하로 평가	

8 예시 답안

■ 예시답안

멘델은 자신의 실험에 두 가지 대립 유전자가 있는 유전 형질 7가지를 관찰하였다. 우성 순종과 열성 순종을 교배한 결과 얻는 잡종 자손이 우성 형질만 나타내고 이 잡종 자손끼리 교배시켜 얻은 자손들이 우성과 열성을 3:1로 나타난 결과로부터 각각의 자손들에게 대립유전자가 짝을 이루어 존재한다고 가정할 수 있다. 이렇게 대립유전자가 짝을 이룬다면 자손들은 부모로부터 유전자를 하나씩 물려 받았다고 추론할 수 있다. 이러한 가정과 추론을 근거로 부모가 지닌 짝을 이룬 대립유전자 중 하나만 분리되어 자손에게 전달되는 분리의 법칙을 발견하게 되었다.

■ 입실교사(A) 검토의견

[범위]

생명과학I 과목의 (2)세포와 생명의 연속성 (나)유전 단원의 맨 앞에 있는 유전의 기본원리, 멘델의 유전 법칙으로 표현된 소단원의 범위 내에 국한시킨 문항으로 멘델의 단성 잡종 교배 실험의 진행 과정과 결과, 가정, 그리고 분리의 법칙과 관련해 묻는 문항으로 교육과정 범위 내에서 출제된 문항임.

[수준]

멘델의 단성 잡종 교배 실험 과정과 그 결과를 바탕으로 한 유전 기본 원리를 이해하고 있는 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 수준의 문항임.

[채점 기준에 관한 점검 내용]

멘델의 실험을 통해 발견한 유전의 기본 원리의 내용에 대한 이해를 하고 있는지 여부와 실험 결과를 바탕으로 필요한 가정을 추론하는 능력을 평가하기에 적합하며 채점 기준으로 사용한 요소 모두 교과서 내에 명확히 표현되어 있어 적절한 채점 기준으로 판단됨.

■ 입실교사(B) 검토의견

[범위]

생명과학I 과목의 (2)세포와 생명의 연속성 (나)유전 단원에서 멘델의 단성 잡종 교배 실험과 가정, 그리고 분리의 법칙 교과과정에 대한 물음으로써 교육과정을 벗어나는 것이 없음.

[수준]

생명과학I 과목에서 멘델의 단성 잡종 교배 실험 과정과 분리의 법칙, 그리고 멘델 법칙을 바탕으로 한 유전 기본 원리를 이해하고 있는 학생이 충분히 해결할 수 있는 문제의 수준임.

[채점 기준에 관한 점검 내용]

멘델의 실험과 유전의 기본 원리와의 논리적 관계를 추론하는 능력을 평가하기에 적합하도록 설정되어 있음.

⑨ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 1은 제시문 (다)에 언급된 멘델의 단성잡종 교배에서 얻은 실험결과를 해석하여 멘델의 유전원리가 발견될 때 필요한 가정이나 가설을 논리적으로 추론해 볼 것을 요구하는 문항이다. 고등학교 생명과학 과목에서 유전과 관련된 모든 단원의 기본이 되는 내용인 멘델의 유전 원리에 대해 이해하고 있다면 충분히 해결 가능한 쉬운 수준의 문항이므로 제시문 (다)에 언급된 내용을 중심으로 해석하고 설명한다면 좋은 답안을 작성할 수 있었으리라 판단된다. 또한, 생명과학Ⅰ 교과서에 직접적으로 멘델의 가정과 가설에 대해 설명해 놓았기 때문에 별도의 선행이나 사교육의 도움을 받지 않았더라도 수업시간을 통해 이해한 내용만으로도 해결하기에 충분했던 문항으로 학교 수업과 유전에 관한 기본에 충실함을 평가할 수 있는 좋은 문항이라고 생각된다.

▣ 논술전형 생명과학 : 문항카드 18

① 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(생명과학) / 2번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**생명과학 I**
	핵심개념 및 용어	**대립유전자, 감수분열, 상동염색체 분리, 양성잡종, 유전자형과 표현형의 비, 독립의 법칙**
예상 소요 시간	25분 / 총 60분	

② 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

멘델이 자신의 실험 결과에 근거하여 제안한 독립의 법칙을 감수분열 과정에서 일어나는 염색체의 행동을 중심으로 논술하시오. 단, 교차는 일어나지 않는다고 가정한다. [15점]

③ 출제 의도

멘델의 양성잡종 교배에서 얻은 실험결과를 해석하여 제안한 독립의 법칙이 감수분열동안의 상동염

색체 변화과정과 어떻게 연관되는지 멘델의 실험결과와 유전법칙 그리고 감수분열과정에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 해석하는 능력을 평가한다.

4 생명과학 2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"		
관련 성취 기준	과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	생명과학Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (가) 세포와 세포분열	2번 문항
		③ 감수분열에서의 염색체 행동을 유전자와 관련지음으로써 생명의 연속성을 이해한다.	
	성취 기준1	생1213-1. 감수분열의 각 단계에서 염색체의 변화 과정과 감수분열을 함으로써 세대를 거듭해도 유전물질의 양이 일정하게 유지됨을 설명할 수 있다.	
	성취 기준2	생1213-2. 감수분열과 수정을 통해 다양한 유전적 조합을 가진 자손이 탄생할 수 있음을 설명할 수 있다.	
	과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
	교육 과정 내용	생명과학 Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	2번 문항
		① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다.	
	성취 기준1	생1221-2. 독립의 법칙을 설명할 수 있다.	
	성취 기준2	생1221-4. 염색체 모형을 만들어보고 이를 이용하여 체세포분열, 감수분열, 염색체 비분리현상 등을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
생명과학 Ⅰ	이준규 외	천재교육	2014	42-89	○
생명과학 Ⅰ	박희송 외	교학사	2017	56-117	○
생명과학 Ⅰ	권혁빈 외	교학사	2017	38-92	○
생명과학 Ⅰ	이길재 외	상상아카데미	2017	48-98	○
생명과학 Ⅰ	심규철 외	비상교육	2017	48-102	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

5 문항 해설

[문항 2] 제시문의 내용은 DNA, 유전자, 염색체간의 관계와 대립유전자의 개념, 감수분열동안 상동염색체의 변화과정, 염색체 모형을 이용한 감수분열의 전 과정 설명 그리고 멘델이 수행한 양성잡종 교배 실험의 결과와 다음 세대의 유전자형과 표현형 비율의 특성 그리고 독립의 법칙에 대한 정의에 대해 기술한 것으로 고등학교 생명과학 I 의 교육과정에서 다루어지는 내용으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 언급된 멘델의 양성잡종 교배에서 얻은 실험결과를 해석하여 제안한 독립의 법칙이 감수분열동안의 상동염색체 변화과정과 어떻게 연관되는지 멘델의 실험결과와 유전법칙에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 해석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
문항 2	**[채점 요소]** - 멘델이 언급한 유전인자에 해당하는 대립유전자가 상동염색체 상에 동일한 위치에 있다는 점을 이해하는지 여부 - 두 가지 유전자가 다른 염색체에 있음을 전제하는지 여부 - 염색체 변화과정을 감수 1분열 중기와 후기 과정에서 설명할 수 있는지 여부 - 생식세포간의 무작위 수정으로 표현형의 비가 9:3:3:1이 되는 것을 설명 여부 **[채점 준거]** - 채점 요소에 언급된 내용을 옳고 논리적으로 설명한 정도에 따라 상, 중, 하로 평가	15

7 예시 답안

■ 예시답안

대립 유전자들은 상동 염색체 상에 존재한다. 따라서 완두의 색깔을 나타내는 2개 대립유전자는 한 종류의 상동 염색체 상에 위치하고 완두의 모양을 나타내는 2개 대립유전자는 또 다른 종류의 상동 염색체 상에 위치한다. 완두가 생식세포를 만드는 감수분열이 일어날 때 감수 1분열 전기 동안 두 종류의 상동염색체들은 각각 4개 염색분체를 형성하고 중기에는 세포의 중앙에 배열한다. 감수 1분열

후기 동안 이 상동염색체들은 분리되어 딸세포로 전달되는데 이 때 완두의 색깔을 나타내는 두 유전자와 모양을 나타내는 두 유전자는 염색체의 움직임에 따라 독립적으로 분리된다. 그 결과 딸세포들은 황색 유전자와 둥근 유전자를 갖거나 녹색 유전자와 주름 유전자를 가질 수도 있고 황색 유전자와 주름 유전자를 갖거나 녹색 유전자와 둥근 유전자를 가질 수도 있다. 감수 2분열 결과 위 네 가지 생식세포가 생성될 수 있고 이들의 교배에 의해 자손들의 표현형이 황색/둥굶 : 황색/주름 : 녹색/둥굶 : 녹색/주름 = 9 : 3 : 3 : 1로 나타난다.

■ 입실교사(A) 검토의견

[범위]

생명과학I 과목의 (2)세포와 생명의 연속성 (가) '세포와 세포분열'과 (나) '유전' 단원에 포함된 감수분열 과정에서 단계별 염색체의 행동에 대한 이해, 그리고 멘델의 유전 원리와 독립의 법칙에 대한 이해를 바탕으로 감수분열 과정에서의 염색체의 행동과 연관 지어 설명할 수 있는지를 묻는 문제로서 해당 교육과정의 범위 내에서 출제되었다고 판단됨.

[수준]

생명과학I 과목의 세포와 세포분열 단원과 유전 단원의 수업을 충실히 들은 학생이라면 즉, 감수분열에서의 염색체 행동과 멘델의 독립의 법칙과 관련된 실험과정이나 유전 원리를 이해하고 있는 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 수준의 문항임. 2009 개정 교육과정에 따른 성취기준 생1213 에 제시된 '염색체 행동을 유전자와 관련지어 이해하기'를 그대로 반영한 문항으로 교육과정의 성취수준을 충실히 따른 문항임.

[채점 기준에 관한 점검 내용]

생1213. 교육과정 내용인 '염색체 행동을 유전자와 관련지어 이해하기'를 평가하는 문항으로 이에 대한 채점 기준이 교육과정 내에서 설정되었고 채점 요소와 채점 준거가 멘델의 독립의 법칙의 과정과 감수분열 과정에서의 염색체 행동을 논리적으로 연관시켜 설명할 수 있는지를 평가하는데 적절하다고 판단됨.

■ 입실교사(B) 검토의견

[범위]

생명과학I 과목의 (2)세포와 생명의 연속성 (가)'세포와 세포분열'과 (나)'유전' 단원에서 감수분열 과정에서 단계별 염색체의 행동을 이해하고 있는지, 그리고 멘델의 유전 원리와 독립의 법칙을 이해하고 이를 감수분열 과정에서의 염색체의 행동과 연관 지어 설명할 수 있는지를 묻는 문제로서 교육과정을 벗어나는 것이 없음.

[수준]

생명과학I 과목에서 감수분열에서의 염색체 행동과 멘델의 독립의 법칙과 관련된 실험과정이나 유전 원리를 이해하고 있는 학생이 해결할 수 있는 수준임. 생1213. 교육과정 내용에서도 제시하고 있는 '염색체 행동을 유전자와 관련지어 이해하기'를 그대로 반영한 것으로 교육과정의 성취수준을 벗어나지 않고 충실히 따른 것으로 봄.

[채점 기준에 관한 점검 내용]

생1213. 교육과정 내용인 '염색체 행동을 유전자와 관련지어 이해하기'를 평가하는 문항에 대한 채점

기준으로 교육과정을 충실하게 따르고 있다고 판단함. 채점 요소와 채점준거가 멘델의 독립의 법칙과 감수분열에서의 염색체 행동을 논리적으로 연관시켜 해석하는지를 평가하는데 적합하게 설정되어 있음.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 2는 생명과학Ⅰ 교육과정 내용 '생1213. 감수분열에서의 염색체 행동을 유전자와 관련지음으로써 생명의 연속성을 이해한다.'를 그대로 평가하는 문항으로 교육과정 내의 성취기준에 가장 충실한 문항이다. 감수 제 1분열과정에서 중기에 적도면 중앙에 2가 염색체로 있던 각각의 상동염색체가 후기에 나뉘어지는 과정에 대한 이해와 각각의 상동 염색체상의 같은 위치에 대립유전자가 존재하며 임의의 두 유전자가 서로 다른 염색체에 존재한다면 서로 영향을 주지 않고 유전된다는 독립의 법칙을 이해하는지를 평가하는 문항이 아니라 독립의 법칙을 염색체 행동과 어떻게 연관시켜 설명하는지를 평가하는 문항이다. 제시문 (나)와 (라)에 언급된 내용을 잘 연계하여 설명하였다면 좋은 평가를 받았을 것으로 예상되며 문제의 수준과 범위 모두 교육과정 준수에 대한 노력이 엿보이는 좋은 문항이다.

▣ 논술전형 생명과학 : 문항카드 19

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(생명과학) / 3번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**생명과학 Ⅰ, 생명과학 Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**유전자, 전사, 번역, 중심 원리, 유전자발현, 단백질, 유전자형, 표현형**
예상 소요 시간	20분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

멘델의 단성잡종을 이용한 자가교배에서 얻은 2대 자손 중 동형접합인 자손이 특정 표현형을 나타내는 이유를 제시문 [마]를 중심으로 논술하시오. [15점]

3 출제 의도

제시문에 언급된 멘델의 단성잡종 교배에서 얻은 2대 자손 중 동형접합인 자손의 표현형이 나타나는 이유에 대해 멘델의 실험결과와 유전법칙 그리고 유전자 발현을 통한 표현형의 결정에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 해석하는 능력을 요구하는 문항이다.

4 생명과학 3번 문항 출제 근거

적용 교육과정	교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"

관련 성취 기준

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학 Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	3번 문항
	① 멘델 법칙을 바탕으로 유전의 기본 원리를 이해한다.	
성취기준1	생1221-1. 분리의 법칙을 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	생명과학 Ⅰ - (2) 세포와 생명의 연속성 - (나) 유전	3번 문항
	② 염색체 이상과 유전자 이상으로 인한 현상을 이해한다.	
성취기준1	생1223-2. 유전자 돌연변이를 설명할 수 있다.	

과목명: **생명과학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	생명과학 Ⅱ - (2) 유전자와 생명 공학 - (가) 유전자와 형질 발현	3번 문항
	② 유전자로부터 단백질이 합성되는 과정을 이해한다.	
성취기준1	생2212-1. 유전정보가 저장된 형태를 설명할 수 있다.	
성취기준2	생2212-2. 유전자에서 RNA로 전사되는 과정을 설명할 수 있다	
성취기준3	생2212-3. mRNA에서 단백질이 합성되는 번역과정을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성 여부
생명과학 Ⅰ	이준규 외	천재교육	2014	42-89	○
생명과학 Ⅰ	박희송 외	교학사	2017	56-117	○
생명과학 Ⅰ	권혁빈 외	교학사	2017	38-92	○
생명과학 Ⅰ	이길재 외	상상아카데미	2017	48-98	○
생명과학 Ⅰ	심규철 외	비상교육	2017	48-102	○
생명과학 Ⅱ	이준규 외	천재교육	2018	110-121	○
생명과학 Ⅱ	박희송 외	교학사	2015	140-149	○

생명과학 II	권혁빈 외	교학사	2017	139-151	○
생명과학 II	이길재 외	상상아카데미	2017	116-127	○
생명과학 II	심규철 외	비상교육	2017	150-157	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
-	-	-	-	-	-	-

5 문항 해설

[문항 3] 제시문의 내용은 DNA, 유전자, 염색체간의 관계와 대립유전자의 개념, 멘델이 수행한 단성잡종 교배 실험의 결과와 다음 세대의 유전자형과 표현형 비율의 특성 그리고 DNA에 저장된 유전정보로부터 단백질이 합성되는 과정과 유전자 돌연변이로 인해 표현형이 달라질 수 있다는 사실에 대해 기술한 것이며 고등학교 생명 과학 I과 II 의 교육과정에서 다루어지는 내용으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 제시문에 언급된 멘델의 단성잡종 교배에서 얻은 2대 자손 중 동형접합인 자손의 표현형이 나타나는 이유에 대해 멘델의 실험결과와 유전법칙 그리고 유전자 발현을 통한 표현형의 결정에 대한 이해와 논리적인 사고를 통해 해석하는 능력을 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
문항 3	**[채점 요소]** - 개체의 유전자형이 표현형으로 나타나기 위해서는 중심원리를 통한 유전자발현이 필수적이며, 유전자형에 따른 표현형의 결정은 합성된 단백질로 인한 것임을 이해하는지 여부 **[채점 준거]** - 채점 요소에 언급된 내용을 옳고 논리적으로 설명한 정도에 따라 상, 중, 하로 평가	**15**

7 예시 답안

■ 예시답안

멘델 유전법칙 실험에서 관찰된 형질을 나타내는 유전자들은 염색체 상에 위치한다. 개체의 표현형이 결정되기 위해서는 각 유전자형에 해당하는 단백질이 합성되기까지의 유전자 발현 과정이 수행되어야 한다. 상동 염색체를 구성하는 DNA 상의 대립유전자는 각각 전사되어 mRNA를 합성하고 이 mRNA는 번역되어 단백질을 합성하게 된다. 이 과정을 통해 발현된 유전자는 특정 표현형을 나타내게 된다.

■ 입실교사(A) 검토의견

[범위]

생명과학I 과목의 (2)세포와 생명의 연속성, (나)'유전' 단원에서 유전의 기본원리 내용과 생명과학II 과목의 (2)유전자와 생명공학, (가)'유전자와 형질 발현' 단원에서 유전자의 발현 과정의 기본적인 내용을 이해하고 있는지를 묻고 있는 문항으로 모두 교육과정 범위 내에서 출제되었다고 여겨짐.

[수준]

생명과학I 과목에서 유전의 기본원리를 이해하고 있고 분리의 법칙을 설명할 수 있으며 생명과학II 과목에서 유전자의 형질발현의 단원 내용 중 유전자의 중심원리에 대해 이해하고 있는 학생이라면 논리적인 사고를 바탕으로 충분히 해결 가능한 수준의 문항으로 교육과정 성취수준을 벗어나는 점은 발견할 수 없음.

[채점 기준에 관한 점검 내용]

채점 요소가 개체의 유전자형이 표현형으로 나타나기 위해서는 중심원리를 통한 유전자발현이 필수적이며, 유전자형에 따른 표현형의 결정은 합성된 단백질로 인한 것임을 이해하는지 여부인데 이는 유전의 기본 원리에 대한 이해를 바탕으로 표현형이 나타남을 유전자의 발현과정과 연결 지어 설명할 수 있는지가 변별력을 확보할 수 있는 좋은 문항으로 판단되며 채점 준거 역시 적절하게 설정되어 있음.

⑧ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 3은 유전의 기본 원리에 대한 이해를 바탕으로 개체의 표현형이 나타나기 위해서는 상동염색체를 구성하는 DNA에 존재하는 대립유전자가 각각 전사되어 mRNA를 합성하고 이 mRNA는 번역되어 단백질을 합성하게 된다는 유전 정보의 중심원리 즉, 유전자 발현 과정을 통해서 이루어짐을 설명할 수 있는지를 묻는 문항이다. 교육과정 상 유전자형이 표현형으로 나타나게 됨은 생명과학Ⅰ에 있고, 중심원리는 생명과학 Ⅱ에 있는 내용이라 생명과학 Ⅱ를 잘 준비한 학생이 아니라면 조금은 어렵게 여겼으리라 생각되지만 제시문 (마)에 중심원리에 대한 자세한 언급이 있었기에 생명과학Ⅰ수업을 충실히 들은 학생이라면 해결하는데 어려움이 없었을 것으로 판단된다. 또한, 제시문 (마)의 마지막에 제시된 '유전자 돌연변이가 일어나면 유전자 발현에 영향을 주어 개체의 표현형이 달라질 수 있다.'라는 문장이 문항을 해결하는데 가장 중요한 핵심 문장이라고 생각되며 이를 바탕으로 표현형의 결정이 합성된 단백질로 인한 것임을 설명해냈다면 좋은 평가를 받았을 것으로 여겨진다. 교육과정과 성취기준을 충실히 잘 준수하고 사교육이나 선행학습을 유발하는 요소를 전혀 발견할 수 없으며 좋은

난이도를 유지하면서도 유전의 기본원리와 유전자 발현에서의 중심원리를 연결해 논리적으로 설명해 보도록 해 나름의 변별력도 확보한 좋은 논술문항으로 판단된다.

▣ 논술전형 지구과학 : 문항카드 20

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(지구과학) / 1번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**과학, 지구과학Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**대폭발(빅뱅), 허블 법칙, 허블 상수, 우주의 나이**
예상 소요 시간	15분 / 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

머리털자리 은하단은 '우리은하'로부터 약 100 Mpc 거리에 있다. 이 은하단 중심에 있는 은하 NGC 4874의 우주 팽창에 의한 후퇴 속도는 얼마인지 계산하시오. 허블-르메트르 법칙에 따를 때 '우리은하'와 NGC 4874 사이의 거리가 0 이었던 시점부터 지금까지 흐른 시간, T(단위: 년)는 얼마였을지 산출하고, 왜 허블 상수의 존재가 우주에 시작이 있었다는 것을 의미하는지 논하시오. (참고: Mpc ≃ 3 x 10^{22} m, 1년 ≃ 3 x 10^{7} s) [10점]

3 출제 의도

〔**1~2번 문항 공통**〕

허블 상수의 존재가 우주의 시작이 있었음을 제시한다는 것과 우주의 나이가 허블 상수 뿐 아니라 천체들을 포함한 우주의 에너지의 양에 의해 결정적으로 영향을 받는다는 것을 이해하고 있는지 평가하고자 한다.

4 제시문 출제 근거 (공통)

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**		
관련 성취 기준	과목명: **고등학교 과학**		관련
	교육 과정 내용	고등학교 과학 - 1부. 우주와 생명 - 1. 우주의 기원과 진화	제시문 (가)
		(가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하는 방법	

	을 안다.	
성취 기준1	과1211-2. 우주의 팽창을 시간적으로 거슬러 올라가면 우주가 한 점으로부터 탄생되었고 우주의 나이가 있음을 설명할 수 있다.	
성취 기준2	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	지구과학 Ⅱ - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주	제시문 (가)(나)
	④ 허블법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다.	
성취 기준1	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	지구과학 Ⅱ - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주	제시문 (나)
	⑥ 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 안다	
성취 기준1	지24306. 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.	

과목명: **고등학교 과학**		관련
교육 과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (2) 태양계와 지구	제시문 (다)
	(마)지구의 진화 과정을 통하여 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성을 이해하고, 지구가 이처럼 특별한 행성임을 태양으로부터의 거리, 간단한 물질의 분자 구조와 관련지어 설명할 수 있다.	
성취 기준1	과1225-1. 지구의 진화과정을 통해 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성 및 각 권간의 상호작용을 설명할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅰ**		관련
교육 과정 내용	지구과학 Ⅰ - (1) 소중한 지구 - (가) 행성으로서의 지구	제시문 (다)(라)
	①태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 소중함을 이해한다.	
성취 기준1	지11101. 태양계에서 생명체가 살기 위한 조건을 갖춘 유일한 행성으로서 지구의 특징을 설명하고 소중함을 깨달을 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	지구과학 Ⅱ - (1) 지구의 구조와 지각의 물질 - (가) 지구의 구조	제시문 (라)
	①지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 알아낸 지구 내부의 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.	
성취 기준1	지21101-1. 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 이를 이용하여 밀도에 따른 내부 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	지구과학 Ⅰ - (2) 생동하는 지구 - (가) 고체 지구의 변화	제시문 (마)
	② 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.	
성취기준1	지12102. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 설명할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	지구과학 Ⅰ - (1) 소중한 지구 - (나) 지구의 선물	제시문 (마)
	② 자원으로서 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.	
성취기준1	지11202-1. 자원으로서 토양의 중요성과 토양의 생성과정을 설명할 수 있다.	

5 지구과학 1번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**

관련 성취 기준

과목명: **고등학교 과학**		관련
교육과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (1) 우주의 기원과 진화	1번 문항
	(가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하는 방법을 안다.	
성취기준1	과1211-2. 우주의 팽창을 시간적으로 거슬러 올라가면 우주가 한 점으로부터 탄생되었고 우주의 나이가 있음을 설명할 수 있다.	
성취기준2	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅱ**		관련
교육과정 내용	지구과학 Ⅱ - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주	1번 문항
	④ 허블 법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다.	
성취기준1	지24304-1. 허블 법칙을 설명하고 이를 근거로 우주가 팽창하고 있음을 설명할 수 있다.	
성취기준2	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성 여부
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	28-31	○

과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	32-37	○
과학	조현수 외	천재교육	2018	21-25	○
과학	오필석 외	천재교육	2017	21-31	○
과학	전동렬 외	미래엔	2017	18-19	○
과학	안태인 외	금성출판사	2017	17-19	○
과학	정완호 외	교학사	2017	22-24	○
지구과학Ⅱ	이태욱 외	교학사	2018	266-268	○
지구과학Ⅱ	최변각 외	천재교육	2017	308-311	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

6 문항 해설

허블-르메트르 법칙에서 외부 은하의 후퇴 속도가 은하까지의 거리에 비례한다는 사실을 근거로 거리를 아는 은하의 후퇴 속도를 계산하고, 은하의 후퇴 속도가 일정했다고 가정할 때 허블 상수의 역수를 우주의 나이라고 추론할 수 있는 근거에 대해 설명하도록 요구하는 문항이다

7 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
1	- NGC 4874의 후퇴 속도 및 우리은하와의 거리가 0이었을 때의 시점을 바르게 산출하였는가? - 허블 상수의 논리를 적용하여 우주의 시작이 있었음을 논리적으로 설명하였는가? ▶ **(상급 답안)** - NGC 4874의 후퇴 속도 v와 허블법칙에 근거한 우주나이 T를 산출하고, - 허블 상수의 논리를 서로 다른 거리에 있는 모든 천체 사이에 적용하면, 결국 모든 천체가 한 점에 있던 때, 즉	10

	우주의 시작이 있었음을 의미한다고 논리적으로 설명한 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 점수 차등 부여 ▶ **(중급 답안)** - v와 T를 산출하지 않았으나, - 허블 상수의 역수가 "허블 시간", 즉 두 천체의 거리가 0이 되는 시간이라는 교과서 지식을 제시하고, 이를 활용해서 모든 천체가 한 점에 있던 때, 즉 우주의 시작이 있었음을 의미한다고 논리적으로 설명한 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 나머지 점수 차등 부여 ▶ **(하급 답안)** - v와 T 중 하나만 산출하고 - 나머지 논리적 배경을 불완전하게 서술한 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 나머지 점수 차등 부여	

8 예시 답안

■ 예시답안

NGC 4874의 후퇴 속도 구하기

- 허블 상수는 1 Mpc 떨어진 천체가 70 km/s의 속도로 멀어져 가고 있음을 의미
- 허블-르메트르 법칙 v(후퇴 속도) = H(허블 상수) x d(거리)를 이용하면,
  은하 NGC 4874의 거리는 d = 100 Mpc 이고
  후퇴 속도는 v = H x d = 70 km/s/Mpc x 100 Mpc = 7000 km/s 이다.

우리은하와 NGC 4874가 한 점에 있던 시점부터 지금까지 흐른 시간 구하기

- 허블-르메트르 법칙은 오늘날 우주의 팽창 속도를 제시함
- 현재 속도로 우주가 계속 팽창해 왔다고 가정하여, 100 Mpc 거리의 두 은하의 거리가 0이었던 시점부터 지금까지 걸린 시간 T는

$$T = d / v$$
$$= 1 / H$$
$$= (1\text{Mpc}/70\ \text{km})\ s$$
$$= (3 \times 10^{22}\ \text{m} / 70{,}000\ \text{m})\ s$$
$$= 4.3 \times 10^{17}\ s / (3 \times 10^{7}\ s/\text{year})$$
$$= 143\text{억 년}$$

왜 허블 상수의 존재가 우주에 시작이 있었다는 것을 의미하는가?

- 위 논리는 다른 거리에 있는 모든 천체들에게도 적용됨

- 즉, 모든 천체들이 한 점에 있던 순간이 있었고, 이는 우주의 시작이 있었다는 것을 의미함

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 과학 제1부. 우주와 생명 (1) 우주의 기원과 진화 및 지구과학Ⅱ (4)천체와 우주 (다) 은하와 우주에서 학습하는 은하의 후퇴 속도가 은하까지의 거리에 비례한다는 것과, 허블 상수의 역수를 우주의 나이로 추산할 수 있는 근거는 무엇인지 묻는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정의 성취수준 중 단계의 학생은 쉽게 문제를 해결할 수 있는 수준으로 판단됨.

⑨ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

〔제시문 분석〕

제시문 [가]는 빅뱅 이론을 구성하는 중요한 법칙인 "허블-르메트르 법칙"의 명명 과정과 허블상수를 비교적 가까운 우주에서 상수로서 간주할 수 있으며 이를 통해 우주의 나이를 유추할 수 있음을 설명하고 있다. 또한 [그림1]의 그래프와 허블상수 값을 제시하여 거리를 알고 있는 은하의 후퇴속도를 계산할 수 있도록 안내하고 있다.

제시문 [나]는 우주의 팽창속도 감소를 연직상방으로 날아가는 총알의 속도가 지구의 중력에 의해 감소하는 것에 비유하여 설명하고 있다.

한편, 제시문 [다]는 원시지구의 형성과정을 간략하게 소개하고 있으며, 제시문 [라]는 지구의 내부구조와 달의 내부구조를 비교하여 설명하고 있으며 [그림2]를 통해 지구 반지름과 지구의 내부구조 등의 정보를 제공하고 있다. 마지막으로 제시문 [마]는 지구의 토양이 형성되는 과정과 성분, 역할 등을 설명하고 있으며 달에도 토양이 존재함을 제시하고 있다.

제시문 [가],[다],[바],[마]의 경우 과학, 지구과학Ⅰ, 지구과학Ⅱ 교과서에서 비슷하게 기술되는 내용으로 평이하게 이해할 수 있다.

제시문 [나]의 경우 우주의 밀도와 우주의 미래를 지구의 중력과 발사된 총알에 비유한 설명으로 지구과학Ⅱ 교과 (4)천체와 우주, (다)은하와 우주 단원의 우주의 밀도, 가속 팽창, 암흑에너지 도입의 필요성 등 학습 내용을 잘 숙지하고 있다면 충분히 이해할 수 있는 내용이다.

〔문항 1 검토의견〕

문항 1은 주어진 허블상수를 이용하여 거리를 알고 있는 은하의 후퇴속도를 계산하는 문제와 허블-르메트르 법칙을 통해 우주의 나이를 계산하는 문제, 식이 의미하는 바를 설명하도록 하는 문제로 구성되어 있다.

문항 1을 풀기 위해 응시자는 [그림1]의 관계를 통해 허블-르메트르 법칙을 유추하고, 우주의 나이를 계산하는 식으로 변형하며 주어진 값을 대입하여 문제를 해결할 수 있다. 이는 교육과정 성취수준 가운데 '중'에 해당한다.

▣ 논술전형 지구과학 : 문항카드 21

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(지구과학) / 2번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**고등학교 과학, 지구과학 Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**대폭발(빅뱅), 허블 법칙, 허블 상수, 우주의 나이**
예상 소요 시간	15분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

우주에 별, 행성, 은하 등 질량을 가진 천체가 많이 존재한다는 사실을 고려할 때 허블 상수가 먼 과거, 예를 들어 우주의 나이가 지금의 1/10 이었을 때에 같은 값이었을지 논하시오. 단, 암흑 에너지의 효과는 무시할 만한 수준이라고 가정한다. 이 경우 산출되는 우주의 나이와 [문제1]에서 구한 T 중에 어느 것이 더 큰지 논하시오. [10점]

3 출제 의도

〔**1~2번 문항 공통**〕

허블 상수의 존재가 우주의 시작이 있었음을 제시한다는 것과 우주의 나이가 허블 상수 뿐 아니라 천체들을 포함한 우주의 에너지의 양에 의해 결정적으로 영향을 받는다는 것을 이해하고 있는지 평가하고자 한다.

4 지구과학 2번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**		
관련 성취 기준	과목명: **고등학교 과학**		관련
	교육 과정 내용	고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (1) 우주의 기원과 진화	2번 문항
		(가) 허블의 법칙을 통하여 우주의 팽창을 이해하고 우주의 나이를 구하	

	는 방법을 안다.	
성취 기준1	과1211-3. 허블의 법칙을 사용하여 우주의 나이를 구하는 방법을 말하고 계산할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅱ**		관련
교육 과정 내용	지구과학 Ⅱ - (4) 천체와 우주 - (다) 은하와 우주	2번 문항
	④허블 법칙으로부터 우주가 팽창하고 있음을 이해한다. ⑥우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 안다	
성취 기준1	지24304-1. 허블 법칙을 설명하고 이를 근거로 우주가 팽창하고 있음을 설명할 수 있다	
성취 기준2	지24304-2. 허블상수를 유추해낼 수 있고, 이를 이용하여 우주의 나이를 계산할 수 있다.	
성취 기준3	지24306. 우주의 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지로 이루어져 있음을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	28-31	○
과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	32-37	○
과학	조현수 외	천재교육	2018	21-25	○
과학	오필석 외	천재교육	2017	21-31	○
과학	전동렬 외	미래엔	2017	18-19	○
과학	안태인 외	금성출판사	2017	17-19	○
과학	정완호 외	교학사	2017	22-24	○
지구과학Ⅱ	이태욱 외	교학사	2018	266-268	○
지구과학Ⅱ	최변각 외	천재교육	2017	308-311	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

제시문 [나]를 근거로 암흑 에너지의 효과를 무시할 때 우주의 물질 밀도에 의해 우주 팽창 속도가

달라질 수 있음을 추론하고 우주 팽창 속도가 달라질 때 실제 우주의 나이는 현재의 허블 상수의 역수와 비교해 어떻게 달라지는지 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점
2	- 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것을 논리적으로 추론하였는가? - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 시간과 질량을 가진 실제 우주의 나이를 바르게 비교하였는가? ▶ **(상급 답안)** - 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것이라고 기술하고 - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 T는 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고 기술한 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 차등 점수 부여 ▶ **(중급 답안)** - 질량을 가진 우주는 현재보다 과거에 더 빠르게 팽창했을 것이라고 서술하였으나 허블 상수로부터 구한 문제 1의 T가 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고 서술하지 못한 경우 - 또는, 우주의 나이가 허블 상수의 역수로 추산될 수 있다는 것을 바탕으로, 우주의 나이가 지금의 1/10일 때 허블 상수가 지금의 10배 더 클 것이라고만 유추하는 경우 - 또는, 교과서에 있는 "우주의 상대적 크기" 대 "시간" 그림에서, 질량을 가진 우주의 팽창이 오늘보다 과거에 더 빨랐으므로, 허블 상수가 더 컸을 것이라고만 유추하는 경우 ▷ 논리적 정당성과 서술의 명료함에 따라 차등 점수 부여 ▶ **(하급 답안)** - 허블 상수가 과거에 더 컸을 것이라는 논리적 설명을 제시하지 않고 - 허블 상수로부터 구한 문제 1의 시간이 질량을 가진 실제 우주의 나이에 비해 더 크다고도 서술하지 못한 경우 ▷ 나머지 서술의 논리적 정당성과 명료함에 따라 차등 점수 부여	**10**

7 예시 답안

■ 예시답안

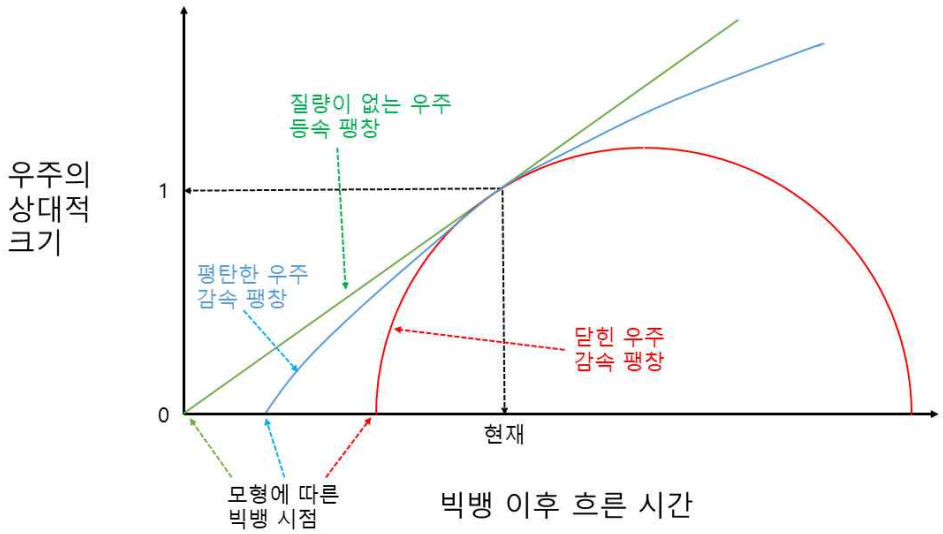
우주의 나이가 지금의 1/10일 때의 허블 상수

허블 상수가 제시하는 오늘날의 팽창 속도는 우주에 아무런 질량을 가진 물질이 없다고 가정하는 경우에만 시간에 대해 같은 값으로 유지된다. 지문2의 내용과 같이 지표에서 수직으로 발사된 총알의 속도는 시간에 따라 점점 감소한다. 이 예를 우주 팽창에 적용하고 우주에 질량을 가진 천체가 존재하는 것을 고려하면, 우주 자체의 중력 효과로 인해, 우주의 팽창은 빅뱅(대폭발) 이후 대부분 속도가 감소되어 왔다고 말할 수 있다. 따라서 상대 거리에 대한 후퇴 속도로 정의되는 허블 상수는 우주의 상대적 크기가 더 작고 팽창 속도는 더 컸던 과거에는 더 컸다.

(참고) 중력효과를 거론하지 않고도 감속팽창을 유추할 수 있는 다른 방법

A) 우주의 나이가 허블 상수의 역수로 추산될 수 있다는 지식을 바탕으로, 우주의 나이가 지금의 1/10일 때 허블 상수가 지금의 10배 더 클 것이라고 유추할 수 있다.

B) 교과서에 있는 "우주의 상대적 크기" 대 "시간" 그림에서, 질량을 가진 우주의 팽창이 오늘보다 과거에 더 빨랐으므로, 허블 상수가 더 컸을 것이라고 유추할 수 있다.



■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 과학 제1부. 우주와 생명 (1) 우주의 기원과 진화 및 지구과학Ⅱ (4) 천체와 우주 (다) 은하와 우주에서 학습하는 허블 상수의 역수를 우주의 나이로 추산할 때 필요한 가정에 대해 분석적으로 생각함으로써, 허블 상수에 영향을 미치는 요인과 그 결과 우주의 나이가 어떻게 달라지는지 추론하도록 요구하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정 성취수준 중 이상 단계의 학생으로 유연한 사고를 할 수 있는 학생들은 해결할 수 있는 문항임.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 2는 제시문 [나]에 기술된 은하의 후퇴속도를 발사된 총알에 비유하여 중력이 있는 지구에서 총알의 속도가 감소하듯 충분한 질량을 가진 우주에서 은하의 후퇴속도가 감소함을 추론하여 해결할 수 있다. 또한 과거의 허블상수가 컸음을 허블의 법칙을 통해 추론하여 이러한 가정 하에서 과거의 큰 허블상수로 인해 우주의 나이가 적게 측정될 것을 쉽게 유추할 수 있다.
문항 2는 지구과학Ⅱ의 (4)천체와 우주 (다) 은하와 우주 단원의 우주의 밀도와 우주의 미래 관련 내용을 숙지하고 임계밀도의 개념과 기존 우주론에서 예측된 감속팽창, 현재의 관측결과가 의미하는 가속팽창과 암흑에너지의 개념을 충분히 이해한 응시생의 경우에는 해결 가능할 것으로 생각된다. 성취기준 지24306의 성취수준 상에 해당하는 '우주의 구성성분 대부분이 암흑 물질과 암흑 에너지라는 것을 설명할 수 있고, 우주의 구성성분을 알아냄으로써 초기 우주의 팽창 속도를 알아낼 수 있다는 것을 설명할 수 있다.'의 성취수준을 충실히 반영하고 있는 문항이다.

▣ 논술전형 지구과학 : 문항카드 22

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(지구과학) / 3번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**고등학교 과학, 지구과학Ⅰ, 지구과학Ⅱ**
	핵심개념 및 용어	**지구계, 지구 자기장, 지구 내부 구조**
예상 소요 시간	20분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

행성이나 위성에서 자기장의 형성이 금속질의 핵이 특정 상태일 때, 그리고 핵의 반지름이 차지하는 비율이 행성이나 위성 반지름의 약 30% 이상일 때 가능한 것으로 가정하자. 이때 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 근거로 자기장의 형성 유무를 비교하고, 제시문의 내용을 근거로 그러한 비율로 지구와 달의 핵이 형성된 과정을 유추하시오. 단, 달의 전체 평균 밀도는 4.5 g/cm^3, 달을 구성하는 맨틀의 평균 밀도는 4.4 g/cm^3, 핵의 평균 밀도는 11 g/cm^3 으로 가정한다. 또한 달 지각의 밀도는 맨틀과 같다고 가정하고, 깊이에 따른 온도와 밀도 변화는 고려하지 않는다.

(참고: $\sqrt[3]{2} \simeq 1.3$, $\sqrt[3]{3} \simeq 1.4$, $\sqrt[3]{5} \simeq 1.7$, $\sqrt[3]{11} \simeq 2.2$**) [12점]**

3 출제 의도

〔3~4번 문항 공통〕

지구와 태양계의 다른 천체들이 가진 특징들을 비교하고 분석하며, 이 특징들이 생명체가 살 수 있는 조건과 지표에서의 자원의 생성 과정에 어떠한 차이를 유도할 수 있는지를 논리적으로 유추해내는 능력을 평가하고자 한다.

4 지구과학 3번 문항 출제 근거

<table>
<tr><th>적용
교육과정</th><th colspan="3">교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] “과학과 교육과정”</th></tr>
<tr><td rowspan="11">관련
성취
기준</td><td colspan="2">과목명: 고등학교 과학</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>고등학교 과학 - 제1부. 우주와 생명 - (2) 태양계와 지구</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>(마)지구의 진화 과정을 통하여 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성을 이해하고, 지구가 이처럼 특별한 행성임을 태양으로부터의 거리, 간단한 물질의 분자 구조와 관련지어 설명할 수 있다.
(사)지구의 핵에 철이 풍부하여 지구가 자전하므로 지구의 자기장과 이온층이 형성됨을 말 할 수 있다.</td></tr>
<tr><td>성취
기준1</td><td>과1225-1. 지구의 진화 과정을 통해 지권, 수권, 기권 등과 같은 지구계 각 권의 형성 및 각 권 간의 상호작용을 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td>성취
기준2</td><td>과1227. 지구의 자기장과 이온층이 생성되는 원리를 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">과목명: 지구과학 Ⅰ</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>지구과학 Ⅰ - (1) 소중한 지구 - (가) 행성으로서의 지구</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>② 지구계를 구성하는 각 권 내의 현상들(오존층, 자기권 등)이 생명 유지에 기여함을 이해한다.</td></tr>
<tr><td>성취
기준1</td><td>지11102. 지구계를 구성하는 각 권의 현상들(오존층, 자기권 등)을 구체적으로 이해하고 이를 토대로 생명현상과 연관 지어 설명할 수 있다.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">과목명: 지구과학 Ⅱ</td><td>관련</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교육
과정
내용</td><td>지구과학 Ⅱ - (1) 지구의 구조와 지각의 물질 - (가) 지구의 구조</td><td rowspan="2">3번
문항</td></tr>
<tr><td>① 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 지진파를 이용하여 알아낸 지구 내부의 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다.
③ 지구 자기장의 발생 과정과 성질, 그리고 그 변화를 이해한다.</td></tr>
</table>

	성취 기준1	지21101-1. 지진파의 종류와 특성을 이해하고, 이를 이용하여 밀도에 따른 내부 구조와 각 층의 특징을 설명할 수 있다. 지21103. 지구 자기장의 발생 과정과 성질, 지구 자기장의 변화를 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	재구성 여부
과학	김희준 외	상상아카데미	2017	119-123, 125-126	○
과학	곽영직 외	YBM TEXT	2017	147-151, 157-160	○
과학	조현수 외	천재교육	2018	95-102, 108-110	○
과학	오필석 외	천재교육	2017	130-133, 144-147	○
과학	전동렬 외	미래엔	2017	106-112, 120-122	○
과학	안태인 외	금성출판사	2017	95-99, 106-108	○
과학	정완호 외	교학사	2017	111-112, 125-126	○
지구과학Ⅰ	이태욱 외	교학사	2017	15-19	○
지구과학Ⅰ	최변각 외	천재교육	2018	20-21	○
지구과학Ⅱ	이태욱 외	교학사	2018	18-21	○
지구과학Ⅱ	최변각 외	천재교육	2017	14-15, 21-24	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행 년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

문제에서 주어진 조건에 따라 지구와 달에서 핵이 차지하는 비율을 산출하고, 자기장의 형성 유무를 판단하며, 지구와 달에서 핵이 차지하는 비율이 다른 이유를 제시문에서 주어진 태양계와 지구의 형성 과정에 근거하여 논리적으로 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점

3	- 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 문제에서 주어진 조건에 따라 바르게 산출하였는가? - 지구와 달에서 자기장 생성 유무를 문제에서 주어진 조건에 따라 논리적으로 추론하였는가? - 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 제시문의 내용을 바탕으로 논리적으로 추론하였는가? ▶ **(상급 답안)** 지구와 달에서 핵의 반지름이 차지하는 비율을 모두 맞게 계산하고 그에 따라 자기장 생성 유무를 맞게 비교한 경우. 또한 충돌 및 무게에 따른 분화와 관련된 내용으로 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 논리적으로 설명한 경우 ▷ 지구와 달의 핵의 반지름 크기(3500 km 와 ~400 km) 혹은 비율(55% 와 24~25%)을 모두 맞게 계산한 경우를 9점으로 시작해서 자기장의 형성 유무와 핵의 크기에 대한 유추의 근거와 논리성에 따라 12점까지 부여 ▶ **(중급 답안)** 지구의 핵의 비율을 계산하고 달의 핵의 비율은 일부 과정만 계산한 경우. 또한 자기장 생성 유무를 정성적으로 맞게 비교하고 충돌 및 무게에 따른 분화와 관련된 내용으로 지구의 핵은 크고 달의 핵이 작은 이유를 설명한 경우 ▷ 달의 핵의 부피 비율(1/66 또는 1.5%)을 맞게 계산한 경우를 5점으로 시작해서 달의 반지름 비율 계산의 정도와 나머지 내용 유추의 근거와 논리성에 따라 8점까지 부여 ▷ 혹은 지구의 경우 액체 상태의 외핵만 분리해서 계산하고, 달의 핵의 부피 비율(1/66 또는 1.5%)을 맞게 계산한 경우를 5점으로 시작해서 달의 반지름 비율 계산의 정도와 나머지 내용 유추의 근거와 논리성에 따라 8점까지 부여 ▶ **(하급 답안)** 지구의 핵의 비율(55%)과 달의 반지름(1600 km)만 계산하고 나머지는 정성적 혹은 기존 지식에 근거하여 설명한 경우 ▷ 지구의 핵의 비율(55%)과 달의 반지름(1600 km)까지만 계산한 경우를 2점으로 시작해서 나머지 설명의 근거와 논리성에 따라 4점까지 부여	**12**

7 예시 답안

■ 예시 답안

핵의 반지름이 차지하는 비율을 근거로 지구와 달의 자기장의 형성 유무 비교

- 지구에서 핵의 반지름 비율 구하기

[그림 2]의 내용을 바탕으로, 3500 km/6400 km ~ 0.55

즉, 지구 핵의 반지름은 지구 반지름의 약 55%

- 달에서 핵의 반지름 비율 구하기

먼저 [그림 2]에서 지구의 반지름은 6400 km 이고 제시문 [라]에서 달의 반지름은 지구의 약 25% 크기라 했으므로,

달의 반지름 = 6400 km x 1/4 = 1600 km

이제 달의 핵의 반지름을 구하기 위하여 문제에서 주어진 밀도의 정보를 이용하여 달의 핵이 차지하는 부피 비율을 먼저 구한다.

달의 평균 밀도 = (핵의 부피 비율 x 핵의 평균 밀도) + (맨틀과 지각의 부피 비율 x 맨틀과 지각의 평균 밀도)로 표현되며, 이때 달에서 차지하는 핵의 부피 비율 = a 이고 나머지 맨틀과 지각의 부피 비율 = b 라 할 때,

$4.5\ g/cm^3 = (a \times 11\ g/cm^3) + (b \times 4.4\ g/cm^3)$

$a + b = 1$ 혹은 $b = 1 - a$

위의 두 식을 정리하면

$4.5\ g/cm^3 = (a \times 11\ g/cm^3) + ((1 - a) \times 4.4\ g/cm^3)$

$4.5\ g/cm^3 = (11 - 4.4\ g/cm^3)a + 4.4\ g/cm^3$

$0.1\ g/cm^3 = 6.6\ g/cm^3 \times a$

$\therefore a = 0.1/6.6 = 1/66\ (\sim 0.015)$

따라서 달에서 핵이 차지하는 부피 비율은 전체 달의 1/66 (혹은 약 1.5%) 임

이제 달의 핵의 반지름을 r 이라고 할 때,

(1/66 관계를 사용한 경우)

$(r/1600)^3 = 1/66$

$r^3 = 1/66 \times 1600^3$

$r = 1/\sqrt[3]{66} \times 1600$ 이고 $\sqrt[3]{66} = \sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{11}$ 이므로

$r = 1/(\sqrt[3]{2} \times \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{11}) \times 1600 = 1/(1.3 \times 1.4 \times 2.2) \times 1600 \sim 400\ km$

(혹은 약 1.5% 관계를 사용한 경우)

$(r/1600)^3 = 15/1000$

$r^3 = 15/10^3 \times 1600^3$

$r = \sqrt[3]{15}/10 \times 1600$ 이고 $\sqrt[3]{15} = \sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{5}$ 이므로

$r = (\sqrt[3]{3} \times \sqrt[3]{5})/10 \times 1600 = (1.4 \times 1.7)/10 \times 1600 \sim 381\ km$

따라서 달의 핵의 반지름은 약 400 km(혹은 381 km) 임

이상의 내용을 바탕으로 달에서 핵의 반지름 비율은
400 km(혹은 381 km)/1600 km ~ 0.25(혹은 ~0.24)
즉, 달의 핵의 반지름은 달 반지름의 약 25% (혹은 약 24%)
따라서 지구의 경우 (금속질 철의 상태가 액체인 외핵이 존재하고) 전체 핵이 차지하는 반지름의 비율이 약 55%로 문제에서 가정한 30% 이상이므로 자기장이 형성됨
반면에 달의 경우 (금속질 철의 상태가 고체이고) 핵이 차지하는 반지름의 비율이 약 24~25%로 문제에서 가정한 30% 이하이므로 자기장이 형성되지 않음.
이러한 크기로 지구와 달의 핵이 형성된 과정 유추

제시문 [다]에서 "원시 지구에서는 마그마의 바다가 형성되어 철과 니켈 등 무거운 성분이 가라앉아 핵을 형성했고, 이후 지구가 지구보다 작은 다른 천체와 대규모로 충돌하면서 지구는 지금과 같은 크기가 되었고 달이 만들어졌다"고 하였다. 이 때 원시 지구에서 철과 니켈 등 무거운 성분이 가라앉아 핵을 형성했듯이, 지구보다는 작은 천체가 지구와 충돌했을 때 철과 같은 무거운 성분들은 모행성인 지구에 상대적으로 많이 유입되어 지구의 핵의 크기를 크게 했으며(전체 반지름의 약 55%), 상대적으로 가벼운 잔해들은 지구 주변 궤도에서 집적되어 핵의 비율이 작은 달(전체 반지름의 약 24~25%)을 형성했다고 유추해 볼 수 있다.
(추가적으로 지구는 달에 비해 행성의 크기와 함께 핵의 비율이 크기 때문에 천천히 식게 되어 액체 상태의 외핵과 함께 자기장을 유지시킬 수가 있었음을 설명할 수 있음).

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 과학 (2) 태양계와 지구 및 지구과학Ⅰ (1)소중한 지구 (가) 행성으로서의 지구, 지구과학Ⅱ (1)지구의 구조와 지각의 물질 (가) 지구의 구조에서 학습하는 내용들과 제시문 [라]의 내용을 바탕으로 지구와 달의 반지름을 계산하고, 계산 결과를 근거로 지구와 달에서 자기장의 유무를 판단하는 문제이다. 자기장의 유무와 제시문[다]의 내용을 근거로 지구와 달의 형성 과정을 추론하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 제시문에 제시된 내용과 문제에서 주어진 값들과 가정을 적용하여 충분히 유추 할 수 있는 내용으로 고등학교 교육과정 성취수준 중 이상 단계에 있는 학생으로, 주어진 내용을 분석하여 적용할 수 있는 분석적 사고력을 가진 학생들은 쉽게 해결할 수 있는 문항임.

⑧ 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 3은 제시문 [다], [라]에 제시된 태양계 원시행성의 형성과정과 문항에 제시된 달의 평균밀도에 관한 정보를 이용하여 달의 핵이 전체 반지름에 대해 차지하는 비율을 계산하고 자기장의 형성 가능성과 달이 지구에 비해 작은 핵을 갖게 된 과정을 유추하도록 하고 있다.

문항 3에서는 구의 질량을 계산하는 식을 세우고 달의 핵 반지름이 전체 반지름에 대해 차지하는 비율을 산출하는 과정이 핵심적이며 일반적인 고등학교 교육과정에서 학습한 기본적인 수학지식을 갖추고 있다면 어렵지 않게 해결할 수 있는 수준이다. 이를 바탕으로 주어진 조건의 자기장 형성 유무를 유추하고 지문의 태양계 행성의 형성과정에 관한 내용을 토대로 지구와 충돌한 작은 천체의 핵이 지구의 핵과 합쳐지며 지구의 핵이 커지고, 지각과 맨틀성분이 떨어져 나가 핵의 크기가 작은 달이 형성되었다는 것을 논리적으로 유추하는 것은 어렵지 않을 것으로 생각된다.

▣ 논술전형 지구과학 : 문항카드 23

1 일반정보

유형	■ 논술시험 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 논술전형	
해당 대학 계열(과목) / 문항번호	**자연계열(지구과학) / 4번 문항**	
출제 범위	고등학교 과목명	**지구과학 I**
	핵심개념 및 용어	**지구계, 지구 내부 구조, 토양, 풍화 작용**
예상 소요 시간	10분/ 총 60분	

2 문항 및 제시문

제시문은 별책 참조

지구와 달의 지표에서 일어나는 풍화 작용의 차이를 설명하고, 이에 따른 토양의 차이점에 대해 논하시오. [8점]

3 출제 의도

〔3~4번 문항 공통〕

지구와 태양계의 다른 천체들이 가진 특징들을 비교하고 분석하며, 이 특징들이 생명체가 살 수 있는 조건과 지표에서의 자원의 생성 과정에 어떠한 차이를 유도할 수 있는지를 논리적으로 유추해내는 능력을 평가하고자 한다.

4 지구과학 4번 문항 출제 근거

적용 교육과정	**교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9] "과학과 교육과정"**

관련 성취 기준

과목명: **지구과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	지구과학 Ⅰ - (1) 소중한 지구 - (나) 지구의 선물	4번 문항
	② 자원으로서 토양의 중요성을 알고, 다양한 토양의 생성 과정 및 토양 유실저하 요인과 이에 대한 방지 대책을 제시한다.	
성취기준1	지11202-1. 자원으로서 토양의 중요성과 토양의 생성과정을 설명할 수 있다.	

과목명: **지구과학 Ⅰ**		관련
교육과정 내용	지구과학 Ⅰ - (2) 생동하는 지구 - (가) 고체 지구의 변화	4번 문항
	② 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 이해한다.	
성취기준1	지12102. 풍화 작용의 과학적 원리와 현상을 설명할 수 있다.	

교과서

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	재구성 여부
지구과학Ⅰ	이태욱 외	교학사	2017	36~38, 102-106	○
지구과학Ⅰ	최변각 외	천재교육	2018	40-41, 110-113	○

교과서 외

자료명(도서명)	작성자 (저자)	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

관련 교과서 근거

도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수	관련 자료	재구성 여부
–	–	–	–	–	–	–

5 문항 해설

토양은 암석의 풍화 작용에 의해 형성된다는 것과 풍화 작용은 기계적, 화학적, 생물학적 풍화가 존재함을 알고 지구와 달의 지표 환경의 차이를 비교하여 지구와 달에서 일어나는 풍화 작용이 어떻게 다르며, 그 결과 형성된 토양은 어떻게 다른지 추론하도록 요구하는 문항이다.

6 채점 기준

하위문항	채점기준	배점

4	- 지구와 달의 지표 환경을 바르게 비교하였는가? - 지구와 달의 풍화 작용의 차이점을 바르게 비교하였는가? - 지구와 달의 토양의 차이점을 논리적으로 추론하였는가? ▶ **(상급 답안)** 지구와 달의 지표 환경에 물과 공기, 생명체의 존재 유무, 그리고 지구와 달에서 토양의 형성에 작용하는 기계적(물리적), 화학적, 및 생물학적 풍화 작용의 차이를 모두 설명한 경우 ▷ 공기와 물, 생명체 존재의 유무와 기계적(물리적), 화학적, 생물학적 풍화 작용의 차이를 모두 맞게 설명한 경우를 6점으로 시작해서, 지구와 달에서 진행되는 풍화의 구체적 사례 제시, 지구에서 토양의 생성 과정에 따른 분류(표토, 심토, 모질물, 기반암 등), 달 토양의 특성(암석의 파쇄물) 등 차이점에 대한 설명의 정도에 따라 8점까지 부여 ▶ **(중급 답안)** 지구와 달의 지표 환경에 물과 공기, 생명체의 존재 유무, 그리고 토양의 형성에 작용하는 기계적(물리적), 화학적, 및 생물학적 풍화의 차이의 일부를 설명한 경우 ▷ 풍화를 일으키는 인자(공기, 물, 생명체)와 풍화의 종류(기계적(물리적), 화학적, 생물학적) 중 일부를 설명한 경우를 3점으로 시작해서 나머지 답안의 완성도에 따라 5점까지 부여 ▶ **(하급 답안)** 풍화의 인자나 종류와 관련 없는 내용을 설명하거나 토양의 생성 과정에 관한 일반적인 내용(깊이에 따른 구성 등)만 설명한 경우 ▷ 설명의 근거와 논리성에 따라 2점까지 부여	8

7 예시 답안

■ 예시 답안

제시문 **[마]**에서 소개된 바와 같이 "토양은 암석이 풍화와 침식을 받으면서 형성되는데" 지구의 경우 공기와 물, 생명체의 존재로 기계적(물리적) 풍화(동결 작용, 박리 작용 등)와 함께 화학적 풍화(장석에서 고령토의 형성 등), 그리고 생물학적 풍화(식물 뿌리 등 생명 활동에 의한 풍화)가 가능하며 그 결과 수분과 유기물, 공극이 함유된 (지표로부터 표토, 심토, 모질물, 기반암의 구성을 갖는) 토양이 형성될 수 있다. 반면에 달의 지표에는 공기와 물이 없기 때문에 달의 토양은 운석 충돌이나 열팽창 및 수축 등에 따른 기계적(물리적) 풍화를 통해 형성되며, 따라서 달의 토양은 유기물이나 물이 없는 암석의 파쇄물에 불과하다고 할 수 있다.

■ 입실교사 검토의견

[범위]

- 고등학교 지구과학Ⅰ (2)생동하는 지구 (가) 고체 지구의 변화에서 학습하는 토양의 생성과정과 풍화 작용의 원리를 지구와 달의 토양에 적용하여 비교 추론하도록 요구하는 문항으로 고등학교 교육과정 범위를 벗어나지 않음.

[수준]

- 고등학교 교육과정의 성취수준 중 단계의 학생은 쉽게 문제를 해결할 수 있는 수준으로 판단됨.

8 선행학습 영향평가 위원 검토 의견

문항 4는 지표와 달의 표면 환경 차이와 풍화과정의 차이, 그로 인한 토양의 특징을 논리적으로 추론하여 비교하도록 하고 있다.

문항 4의 경우 지구과학Ⅰ의 (1)소중한 지구 (나)지구의 선물 단원과 (2)생동하는 지구 (가)고체 지구의 변화 단원에서 학습한 토양의 형성 및 풍화과정을 기상현상과 생명활동이 없는 달의 환경에 적용하였을 때, 어떤 차이점이 발생할지를 논리적으로 추론하여 서술하는 문항으로 토양과 풍화작용에 관하여 이해하고 있는 응시자는 어렵지 않게 답할 수 있을 것으로 생각된다.