

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 1]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제1	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	기하, 수학 I, 미적분
	핵심개념 및 용어	공간에서의 두 점 사이의 거리, 공간좌표, 삼각형의 넓이, 삼각함수의 극한
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

xyz 좌표공간에서 $x^2 + y^2 = 4$, $z = 6$ 을 만족시키는 점 (x, y, z) 들의 집합을 A 라 하자. 집합 A 의 임의의 점을 $P(x, y, z)$ 라고 하자.

- (1) 점 $Q(2, 4, 2)$ 와 집합 A 의 임의의 점 $P(x, y, z)$ 를 지나는 직선은 xy 평면과 한 교점에서 만난다. 이렇게 구해지는 교점들의 집합을 방정식으로 나타내시오. (1점)
- (2) $z = 2$ 평면에 변의 개수가 n 인 정다각형이 있고, 그 내부에 점 $R(2, 2, 2)$ 가 있다. 이 정다각형의 한 꼭지점의 좌표는 $(2, 4, 2)$ 이고, 각 꼭지점과 점 $R(2, 2, 2)$ 사이의 거리가 2라고 하자. 이 정다각형의 변 또는 내부에 있는 임의의 점과 집합 A 의 임의의 점 $P(x, y, z)$ 를 지나는 직선은 xy 평면과 한 교점에서 만난다. 그 교점들을 모아놓은 도형의 넓이를 S_n 이라고 할 때, S_n 을 구하시오. (3점)
- (3) $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n$ 을 구하시오. (1점)

3. 출제 의도

- 좌표공간을 통해 도형을 대수적으로 표현할 수 있는지 확인하며 삼각함수의 극한을 구할 수 있는지 확인한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8] “수학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[기하]-(3) 공간도형과 공간좌표-(나) 공간좌표
	성취기준·성취수준	[12기하03-04] 좌표공간에서 점의 좌표를 구할 수 있다. [12기하03-05] 좌표공간에서 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
(2)	교육과정	[수학 I]-(2) 삼각함수-(가) 삼각함수 [기하]-(3) 공간도형과 공간좌표-(나) 공간좌표
	성취기준·성취수준	[12수학 I 02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. [12기하03-04] 좌표공간에서 점의 좌표를 구할 수 있다. [12기하03-05] 좌표공간에서 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다.
(3)	교육과정	[미적분]-(2) 미분법-(가) 여러 가지 함수의 미분 [미적분]-(1) 수열의 극한-(가) 수열의 극한
	성취기준·성취수준	[12미적02-04] 삼각함수의 극한을 구할 수 있다. [12미적01-02] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	권오남 외	교학사	2017	103-104
	미적분	김원경 외	비상	2018	65-66 16-18
	기하	김원경 외	비상	2018	128-132
기타					

5. 문항 해설

- (1)번은 공간좌표와 삼각형의 닮음, 공간에서의 두 점 사이의 거리를 이용하여 두 점을 지나는 직선과 평면이 만나는 점의 자취를 구하는 간단한 문항이다.
- (2)번은 (1)번의 결과와 삼각형의 닮음, 공간에서의 두 점 사이의 거리, 삼각형의 넓이 공식 등을 이용하여 직선과 평면이 만나는 점들이 이루는 부분의 넓이를 구하는 문항이다.
- (3)번은 (2)번에서 구한 식과 삼각함수의 극한의 성질을 이용하여 극한값을 구하는 문항이다.

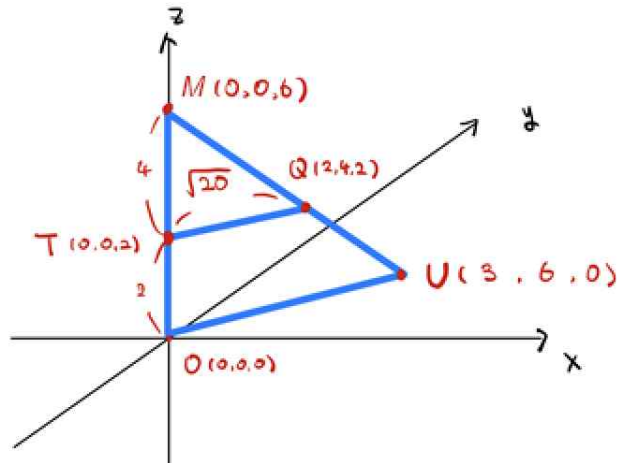
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	답을 구하면 1점	1점
(2)	S_n 식을 구하면 3점 (만약, S_n 의 식은 틀렸지만 옳은 도형을 설명하면 1점.)	3점
(3)	$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n$ 을 구하면 1점. (2번의 S_n 식을 이용하거나 반지름이 4인 원의 넓이로 이해해서 답을 구하면 1점)	1점

7. 예시 답안

- (1) $x^2 + y^2 = 4$, $z = 6$ 을 만족시키는 원의 중심은 $M(0,0,6)$ 이다. 또한, $O(0,0,0)$, $T(0,0,2)$, $Q(2,4,2)$ 라고 하고 직선 MQ 와 xy 평면이 만나는 점을 U 라고 하자. 그러면 다음 그림에서와 같이 두 삼각형 MTQ , MOU 는 AA 닮음이다.

($\angle M$ 는 공통, $\angle MTQ = 90^\circ = \angle MOU$)



$\overline{TQ} = \sqrt{2^2 + 4^2} = 2\sqrt{5}$ 이고 $4:6 = \overline{MT}:\overline{MO} = \overline{TQ}:\overline{OU}$ 이므로 $\overline{OU} = 3\sqrt{5}$ 임을 알 수 있다. 직선 MQ 를 xy 평면으로 정사영하여 만들어지는 직선의 방정식은 $4x = 2y$ 이므로 점 U 의 좌표는 $(3, 6, 0)$ 이다.

$P(x,y,z)$ 와 $Q(2,4,2)$ 를 잇는 직선이 xy 평면과 만나는 점을 P' 이라고 하자.

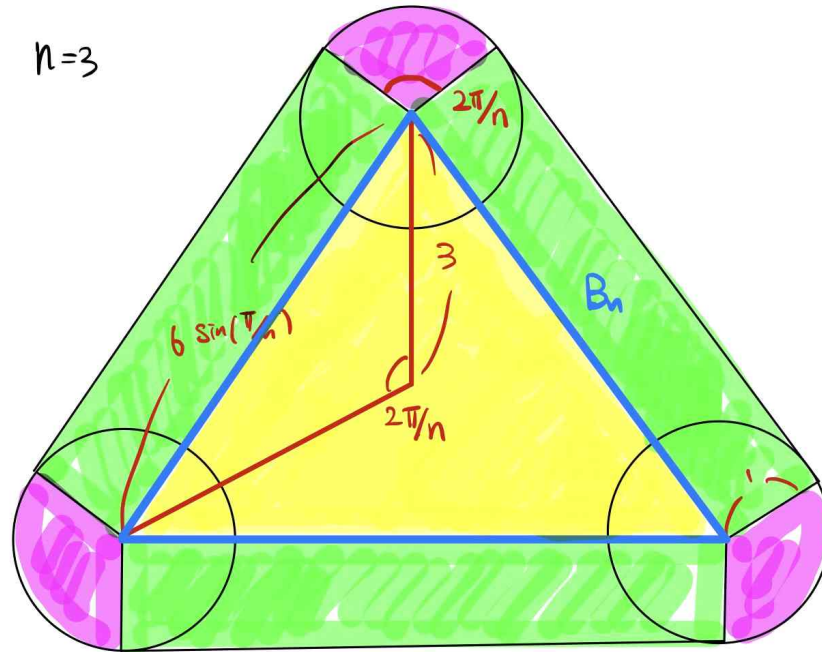
그러면 다음 그림에서와 같이 두 삼각형 QMP , QUP' 는 AA 닮음이다.

따라서 $\overline{MP}$ 를 밑변으로 하는 삼각형 QMP 의 높이는 4이고, $\overline{UP'}$ 를 밑변으로 하는 삼각형 QUP' 의 높이는 2이므로 $4:2 = \overline{P(x,y,z)M}:\overline{UP'}$ 이다.

따라서 $\overline{P(x,y,z)M} = 2$, $\overline{UP'} = 1$ 이다. 즉, 점 $P(x,y,z)$ 가 원 위에서 움직일 때, 점 P' 는 점 $U(3,6,0)$ 을 중심으로 하고 반지름의 길이가 1인 xy 평면 위의 원이므로 $(x-3)^2 + (y-6)^2 = 1$ (xy 평면)이다.

정답: $(x-3)^2 + (y-6)^2 = 1$ (xy 평면)

(1)에서와 같은 방법으로 정 n 각형 A_n 의 변 또는 내부의 점과 점 $P(x,y,z)$ 를 잇는 직선이 xy 평면에서 만나는 교점들을 모아놓은 도형은 다음 그림과 같이 표시된다는 사실을 알 수 있다.



이 도형의 넓이는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_n = \text{반지름의 길이가 1인 원의 넓이(보라색 부분의 합)} \\ + B_n \text{의 둘레(녹색부분의 합)} + B_n \text{의 넓이(노란색 부분)}$$

$$\text{즉, } S_n = \pi + 6n \sin(\pi/n) + (9n/2)\sin(2\pi/n).$$

(3) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ 을 이용하여 다음 극한을 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} S_n &= \pi + \lim_{n \rightarrow \infty} 6n \sin(\pi/n) + \lim_{n \rightarrow \infty} (9n/2)\sin(2\pi/n) \\ &= \pi + 6\pi + 9\pi \\ &= 16\pi \end{aligned}$$

※ (2)의 결과를 이용하지 않은 풀이: 구하는 도형이 반지름이 4인 원이라는 것을 (1)을 통해 알아내서 직접 넓이 16π 를 구한다.

8. 총 평

[고등학교 수학교사 A]

주어진 기하학적 상황을 공간에서의 두 점 사이의 거리 공식, 삼각형의 넓이 공식, 삼각함수의 극한 등을 이용하여 해결해야 하는 융합적인 문제로서 학생들이 고교교육과정에서 학습한 다양한 개념 및 성질을 깊이 있게 학습하였는지, 기하학적 상황과 대수적 결과 사이의 관련성을 파악할 수 있는지를 평가할 수 있다는 점에서 매우 좋은 문항이다. (1)번은 두 점 사이의 거리 공식, 공간 좌표, 닳음 삼각형의 성질을 이용하여 점의 자취를 구하는 문항이고, (2)번은 (1)번에서 구한 결과와 닳음 삼각형의 성질, 두 점 사이의 거리 공식, 삼각형의 넓이 공식 등을 이용하여 점의 자취의 넓이를 구하는 문항으로서 기하학적 상황과 대수식 사이의 관계를 파악해야 하며, (1)번에서 발견한 수학적 사실을 활용해야 한다는 점에서 학생들의 수학적 사고능력을 평가하는데 매우 적절한 문항이라 사료된다. (3)번은 (2)번에서 구한 결과와 삼각함수의 극한의 성질을 이용하여 극한값을 도출해야 한다는 점에서 기하학적 상황에서 대수식을 도출하고, 대수식에 대한 극한으로 이어진다는 점에서 학생들의 융합적 사고를 평가하기에 좋은 문항이라 사료된다. [수학 I]에서 삼각형의 넓이 공식, [미적분]에서 삼각함수의 극한의 성질, 수열의 극한에 대한 성질, [기하]에서 공간좌표, 좌표공간에서 두 점 사이의 거리 공식 등 고교교육과정을 성실하게 학습한 학생들은 쉽게 접근하여 해결할 수 있었으리라 사료된다.

[고등학교 수학교사 B]

3차원 공간에서 평면 위의 한 도형 위의 점과 다른 평면 위의 한 도형 위의 점을 이은 직선에 대하여, 직선과 xy 평면과의 교점이 그리는 도형의 특징을 이해하고 주어진 문제 상황을 해결할 수 있는지 평가하기에 좋은 문항이다. 기하학적 상황을 대수적으로 표현하여 문제를 해결하는 능력을 확인할 수 있으며, 삼각형의 넓이, 공간좌표, 삼각함수의 극한, 수열의 극한에 대한 개념을 활용할 수 있는지 묻는 문항이다. (1)번은 평면 $z=6$ 위의 원 위의 점과 점 $Q(2, 4, 2)$ 를 이은 직선이 xy 평면과 만난 교점들이 원을 그린다든 것을 파악하고, 외분점과 삼각형의 닳음의 성질 등을 이용하여 원의 중심의 좌표와 반지름의 길이를 쉽게 구할 수 있는 문항이다. (2)번은 (1)번에서 한 단계 더 발전하여 $z=6$ 위의 원 위의 점과 $z=2$ 위의 정다각형의 변 또는 내부의 점을 연결한 직선이 xy 평면과 만난 교점이 그리는 도형의 특징을 파악하고 삼각형의 넓이 공식과 규칙성을 이용하여 넓이를 구하는 문항이다. 이는 (1)번에서 구한 사실을 확장하여 적용할 수 있는 문항 좋은 문항이다. (3)번은 삼각함수의 극한을 이용하여 (2)에서 구한 S_n 에 대한 수열의 극한을 구할 수 있는지 묻는 문항이다. 본 문항은 좌표공간에서 삼각형의 닳음, 대칭성 등을 이용하여 도형을 대수적으로 표현하고, 공간지각능력과 수학적 사고력을 평가하기에 좋은 문항이다. (2)번 문항에서 정 n 각형을 일반화하여 표현하는 과정에서 학생들이 어려움을 느낄 수 있으나 [기하] 교과에서 공간도형과 공간좌표 단원을 성실하게 학습한 학생이라면 잘 해결했으리라 생각된다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2023학년도 수능 기하 23번
근거	• 3차원에서 두 점 사이의 거리를 이용한 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2022학년도 10월 고3 전국연합학력평가 26번
근거	• 3차원 공간에서 두 삼각형의 닮음을 이용하는 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2022학년도 6월 고2 전국연합학력평가 16번
근거	• 삼각함수를 이용하여 도형의 넓이를 구하는 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2023학년도 수능 미적분 28번
근거	• $\lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\sin \theta}{\theta} = 1$ 을 이용하여 주어진 극한값을 구하는 문제 해결 과정

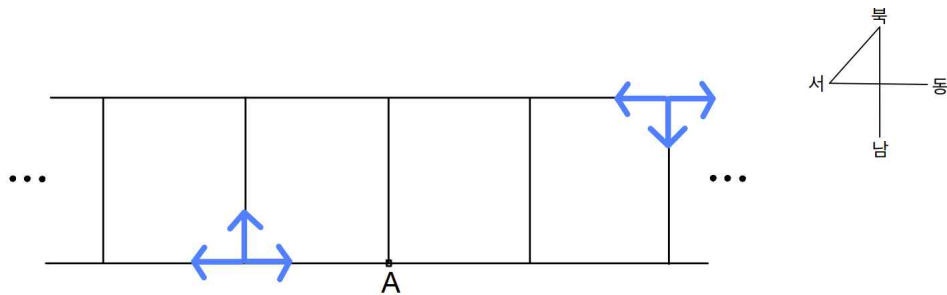
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 2]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	확률과 통계,
	핵심개념 및 용어	경우의 수, 조건부 확률, 수열의 극한의 대소 관계
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

다음 그림과 같이 정사각형 타일들이 일렬로 (무한히) 배열되어 있다. 각 타일의 꼭지점을 ‘교차점’이라 하자. 개미는 교차점 A에서 출발하여 타일의 변 위를 다음 규칙을 따라 움직인다.



<규칙> 각 교차점에 도달할 때마다 개미는 그 교차점에 연결된 세 변의 방향 중 하나를 똑같은 확률로 임의로 골라 다음 교차점으로 이동한다.
(예시: 그림의 파란색 화살표 방향들이 해당 교차점에서 개미가 이동할 수 있는 방향이다.)

이 규칙을 따르면, 개미가 n 회의 움직임을 시행할 때, 일어날 수 있는 모든 경우의 수는 3^n 이다.

- (1) 개미가 총 $2n$ 회의 움직임을 시행한다고 가정하자. 개미가 m 회 ($0 \leq m \leq n$)의 서쪽 방향 움직임을 시행하면서, $2n$ 번째 도달하는 교차점이 출발점 A와 일치하는 경우의 수는 몇 가지인가? (2점)
- (2) 개미가 $2n$ 번째 도달하는 교차점이 출발점 A와 일치하였을 때, 서쪽 방향 움직임을 m 회 ($0 \leq m \leq n$) 시행했을 조건부 확률을 $p_{n,m}$ 이라 하자. 주어진 자연수 n 에 대해, 이 조건부 확률 $p_{n,m}$ 을 최대화하는 m 의 값을 $f(n)$ 이라 하자 (만약 최대화하는 m 이 여러 개 존재한다면, 이들 중 가장 작은 값을 택한다). 이 때, $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{n}$ 의 값을 구하시오. (3점)

3. 출제 의도

- 곱의 법칙과 조합 개념을 이해하여 경우의 수를 정확히 구할 수 있는지 확인.
조건부 확률의 개념을 제대로 이해하는지 확인.
조합의 수의 정의를 제대로 활용할 수 있는지 확인.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8] “수학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[수학]-(6) 경우의 수-(가) 경우의 수
	성취기준·성취수준	[10수학05-01] 합의 법칙과 곱의 법칙을 이해하고, 이를 이용하여 경우의 수를 구할 수 있다. [10수학05-03] 조합의 의미를 이해하고, 조합의 수를 구할 수 있다.
(2)	교육과정	[확률과 통계]-(2) 확률-(나) 조건부 확률 [수학]-(6) 경우의 수-(가) 경우의 수 [미적분]-(1) 수열의 극한-(가) 수열의 극한
	성취기준·성취수준	[12확통02-05] 조건부확률의 의미를 이해하고, 이를 구할 수 있다. [10수학05-03] 조합의 의미를 이해하고, 조합의 수를 구할 수 있다. [12미적01-02] 수열의 극한에 대한 기본 성질을 이해하고, 이를 이용하여 극한값을 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	미적분	김원경 외	비상	2018	19
	수학	김원경 외	비상	2017	245-246 251-254
	확률과 통계	김원경 외	비상	2018	53-54
기타					

5. 문항 해설

- (1)번은 조합의 수, 곱의 법칙을 이용하여 경우의 수를 구하는 간단한 문항이다.
(2)번은 (1)번에서 구한 식과 조합의 수의 정의, 조건부 확률 정의 등을 이용하여 주어진 값의 범위를 구한 뒤 수열의 극한의 대소 관계를 이용하여 극한값을 구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	(1점) 서쪽 움직임을 m회 실시하면서 $2n$번째 교차점이 출발점과 일치하려면, 동쪽 움직임 횟수도 m회라는 사실을 도출. (일반적으로, 북, 남, 동, 서쪽으로 각각 $n-m, n-m, m, m$회 이동해야 한다.) (1점) 경우의 수를 이항계수를 이용하여 정확히 도출.	2점
(2)	(1점) 조건부 확률 $p_{n,m}$을 도출. (1점) 이웃한 두 경우의 수를 비교하는 아이디어를 언급. (1점) m이 커짐에 따라 조건부 확률이 증가하다가 감소한다는 사실을 이항계수의 정의를 이용하여 관찰하고, 증감성이 변하는 지점이 $\frac{2n}{3}$ 근방이라는 사실을 도출. (※ 채점 시 주의사항) – $f(n)$의 범위가 위 풀이와 정확히 일치하지 않아도, 적절한 상수 $c_1, c_2 \geq 0$에 대해 $\frac{2n-c_1}{3} \leq f(n) \leq \frac{2n+c_2}{3}$ 를 도출하여도 정답 인정. – 위 풀이처럼 m의 범위에 대한 경우를 나누지 않고, $(m+1)^2$와 $(2n-2m)(2n-2m-1)$의 대소관계를 m에 대한 이차식으로 간주하여 다른 방법으로 해결한 경우 (예시: 근의 공식 이용)도 정답 인정. (특수 상황, 1점) 각 교차점에서 서쪽 움직임을 확률이 $\frac{1}{3}$이라서 $f(n)$의 값이 대략 $2n \times \frac{1}{3} = \frac{2n}{3}$ 이라고 언급하면 총점 3점 중 1점.	3점

7. 예시 답안

1. $2n$ 번째 도달하는 교차점이 출발점과 일치한다면, 서쪽과 동쪽으로 움직인 횟수가 서로 같다. 즉, 서쪽으로 움직인 횟수가 m 회라면, 동쪽으로 움직인 횟수도 역시 m 회이다. $2n$ 회의 움직임 시기 중 동쪽과 서쪽 움직임 시기를 각각 m 개 고르는 경우의 수는 ${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m$ 이다. 또한, 동쪽과 서쪽 움직임의 시기가 정해진다면, 나머지 $2n-2m$ 회의 움직임은 수직 방향(북쪽 또는 남쪽)이고 자동으로 정해진다. 즉, 총 경우의 수는 ${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m$ 이다.

2. 조건부 확률 $p_{n,m}$ 은 경우의 수 ${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m$ 에 비례한다.

$$(p_{n,m} = \frac{{}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m}{\sum_{k=0}^n {}_{2n}C_k \cdot {}_{2n-k}C_k} \text{ 이다.})$$

즉, $f(n)$ 은 경우의 수 ${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m$ 를 최대로 만드는 m 의 값이다.

이웃한 두 항의 대소관계를 알아보자.

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m \quad \text{vs} \quad {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1}.$$

이항계수 공식에 의해

$${}_{2n}C_m = \frac{2n(2n-1) \cdots (2n-m+1)}{m!} = \frac{(2n)!}{m! (2n-m)!} \text{ 이고}$$

$${}_{2n-m}C_m = \frac{(2n-m) \cdots (2n-2m+1)}{m!} = \frac{(2n-m)!}{m! (2n-2m)!} \text{ 이므로,}$$

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m = \frac{2n(2n-1) \cdots (2n-2m+1)}{(m!)^2} = \frac{(2n)!}{m! m! (2n-2m)!} \text{ 이다.}$$

이를 이용하면, 다음 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1} &= \frac{2n(2n-1) \cdots (2n-2m-1)}{((m+1)!)^2} \\ &= \frac{(2n)!}{(m+1)! (m+1)! (2n-2m-2)!} \\ &= ({}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m) \cdot \frac{(2n-2m)(2n-2m-1)}{(m+1)^2} \end{aligned}$$

따라서, 다음 등식을 얻는다.

$$\frac{{}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1}}{{}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m} = \frac{(2n-2m-1)(2n-2m)}{(m+1)^2}$$

이 때, $(m+1)^2 < (2n-2m-1)(2n-2m)$ 이면

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m < {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-m-1}C_{m+1} \text{ 이고}$$

$(m+1)^2 > (2n-2m-1)(2n-2m)$ 이면

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m > {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-m-1}C_{m+1} \text{ 이다.}$$

● $m+1 \leq 2n-2m-1 \Rightarrow m \leq \frac{2n-2}{3}$ 인 경우:

$(m+1)^2 \leq (2n-2m-1)^2 < (2n-2m)(2n-2m-1)$ 이므로,

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m < {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1} \text{ 이다.}$$

● $m+1 \geq 2n-2m \Rightarrow m \geq \frac{2n-1}{3}$ 인 경우:

$(m+1)^2 \geq (2n-2m)^2 > (2n-2m)(2n-2m-1)$ 이므로,

$${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m > {}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1} \text{ 이다.}$$

따라서, 구하는 m 의 최대값 $f(n)$ 은 다음 부등식을 만족시킨다.

$$\frac{2n-2}{3} < f(n) < \frac{2n-1}{3} + 1 \text{ 이 되어, } \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{n} = \frac{2}{3} \text{ 이다.}$$

8. 총 평

[고등학교 수학교사 A]

3가지 방향으로 움직일 수 있는 상황에서 특정한 사건의 경우의 수, 조건부 확률 등에 대해 묻는 융합형 문제로서 경우의 수와 조건부 확률을 올바르게 구하고, 조합의 수의 정의 및 성질을 문제 상황에 적절하게 적용할 수 있는지를 평가할 수 있는 매우 좋은 문항이다. (1)번은 조합의 수를 이용하여 주어진 사건의 경우의 수를 구하는 문항이고, (2)번은 (1)번에서 구한 식과 조합의 수의 정의 및 성질 등을 이용하여 조건부 확률이 최대가 되도록 하는 서쪽 방향 움직임의 횟수의 범위를 구하고, 그 범위와 샌드위치 정리를 이용하여 주어진 극한값을 구하는 문항으로써 다양한 개념과 연관되어 있으며 확률적 사고, 대수적 사고 등을 모두 활용해야 한다는 점에서 학생들의 융합적 사고능력을 평가하기에 좋은 문항이라 사료된다. [수학]에서 경우의 수 및 조합의 수, [확률과 통계]에서 조건부 확률, [미적분]에서 수열의 극한에 대한 기본 성질 등 교육과정을 성실히 학습한 학생들은 쉽게 접근하여 해결할 수 있었으리라 사료된다.

[고등학교 수학교사 B]

3가지 방향으로 움직이는 점에 대하여 점의 도달점이 출발점과 같아지는 경우의 수를 조합의 수로 나타낼 수 있는지, 이항계수의 정의에 의해 변수 m 에 대하여 m 의 값이 커짐에 따라 ${}_{2n}C_m$ 의 값은 증가하다가 감소한다는 사실에 대해 깊게 학습하였는지 묻는 문항이다. 조합, 이항계수의 정의, 조건부 확률 등의 전반적인 개념을 융합하여 이를 문제 상황에 적용하고 수학적으로 사고할 수 있는 능력을 확인할 수 있는 좋은 문항이다. (1)번은 개미가 이동할 수 있는 방향이 총 3가지인 무한히 이어진 타일의 교차점에서 $2n$ 회의 움직임을 시행할 때 출발점과 일치하는 경우를 판단하고 이를 같은 것이 있는 순열이나 조합의 수로 표현할 수 있는지 묻는 문항이다. 이러한 유형은 교과서나 모의고사에서 빈번히 출제된 형태이므로 어렵지 않게 접근하여 해결했을 것이라 판단된다. (2)번은 (1)과 같은 상황의 조건부확률을 구하여 결국은 ${}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m$ 을 최대로 만드는 m 의 값($=f(n)$)을

찾는 문제로 해석할 수 있는지 묻는 문항이다. $\frac{{}_{2n}C_m \cdot {}_{2n-m}C_m}{{}_{2n}C_{m+1} \cdot {}_{2n-(m+1)}C_{m+1}}$ 이 1보다 큰 경우와 1보다

작은 경우의 m 의 범위를 구하여 $f(n)$ 의 범위를 찾는 것이 관건이다. $f(n)$ 의 범위를 파악하는 과정에서 다소 어려움을 느낄 수 있으나 $f(n)$ 의 의미를 이해한다면 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(n)}{n} = \frac{2}{3}$ 가 된다는 것은

쉽게 파악할 수 있을 것이다. 본 문항은 조합의 수의 성질에 대해 심도있게 학습하고 이를 활용할 수 있는 역량이 있는 학생이라면 잘 해결했으리라 생각된다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2020학년도 3월 고2 전국연합학력평가 15번
근거	• 조합의 수를 이용하여 주어진 사건의 경우의 수를 구하는 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2023학년도 수능 확률과 통계 29번 문제
근거	• 주어진 상황에서 조건부 확률을 구하는 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2015개정 비상 [수학] 교과서 (김원경 외) 253p 예제 1번
근거	• 조합의 수의 정의를 이용하여 두 수의 크기를 비교하는 문제 해결 과정

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2015개정 비상 [미적분] 교과서 (김원경 외) 19p 예제 3번
근거	• 수열 $\{a_n\}$ 의 값의 범위가 주어졌을 때, 수열의 극한의 대소 관계(샌드위치 정리)를 이용하여 극한값을 구하는 문제 해결 과정

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 3]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제1	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학, 수학 I
	핵심개념 및 용어	이차방정식의 판별식, 이차방정식의 근과 계수의 관계, 수열의 귀납적 정의, 수학적 귀납법
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

실수 순서쌍 (a_0, b_0) 을 생각하자. 방정식 $x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 의 실수해가 존재하지 않으면 순서쌍 (a_0, b_0) 의 친화도를 0으로 정의하고, 방정식 $x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 이 두 실수해 $a_1, b_1 (a_1 \geq b_1)$ 을 가지면(중근은 두 개로 센다) 새로운 방정식 $x^2 + a_1x + b_1 = 0$ 을 만들어 이 방정식의 실수해가 없으면 순서쌍 (a_0, b_0) 의 친화도를 1로 정의하고, 실수해가 존재하면 두 실수해를 $a_2, b_2 (a_2 \geq b_2)$ 로 두자. 이런 과정을 반복해서 방정식 $x^2 + a_kx + b_k = 0$ 가 실수해를 갖지 않는 최소의 k 를 순서쌍 (a_0, b_0) 의 친화도로 정의하자. 만약 이런 과정이 끝나지 않고 계속 반복된다면 순서쌍 (a_0, b_0) 의 친화도는 정의되지 않는다고 하자.

- (1) 순서쌍 $(-6, 9)$ 의 친화도는 정의되는가? 정의된다면 친화도는 얼마인가? (1점)
- (2) 순서쌍 $(-3, 2)$ 의 친화도는 정의되는가? 정의된다면 친화도는 얼마인가? (2점)
- (3) 친화도가 정의되는 순서쌍 중 친화도의 최댓값은 얼마인가? (2점)

3. 출제 의도

- 기본적인 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이해하고 있으며 이차방정식을 풀 수 있는지 확인하고, 귀납적으로 정의되는 수열을 이해할 수 있는 능력을 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 8] “수학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	수학 - (1) 문자와 식 4. 복소수와 이차방정식
	성취기준·성취수준	[10수학01-06] 이차방정식의 실근과 허근의 뜻을 안다.
(2)	교육과정	수학 - (1) 문자와 식 4. 복소수와 이차방정식 수학 I - (3) 수열 3. 수학적 귀납법
	성취기준·성취수준	[10수학01-07] 이차방정식에서 판별식의 의미를 이해하고 이를 설명할 수 있다. [10수학01-08] 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이해한다. [12수학 I 03-06] 수열의 귀납적 정의를 이해한다. [12수학 I 03-08] 수학적 귀납법을 이용하여 명제를 증명할 수 있다.
(3)	교육과정	수학 - (1) 문자와 식 4. 복소수와 이차방정식 수학 I - (3) 수열 3. 수학적 귀납법
	성취기준·성취수준	[10수학01-08] 이차방정식의 근과 계수의 관계를 이해한다. [12수학 I 03-06] 수열의 귀납적 정의를 이해한다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학	황선욱 외	미래엔	2018.3.	58~65
	수학 I	황선욱 외	미래엔	2018.3.	155~162
기타					

5. 문항 해설

(1)번은 이차방정식의 실수해를 구하고, 또 다른 이차방정식의 실수해가 존재하지 않음을 확인하여 친화도를 구하는 간단한 문항이다.

(2)번은 이차방정식의 판별식과 근과 계수와의 관계를 이용해 방정식 $x^2 + a_k x + b_k = 0$ ($k \geq 0$)이 항상 실수해를 가질 수 밖에 없다는 것을 확인하여 친화도가 정의되지 않음을 구하는 문항이다.

(3)번은 (2)에서 b_k 가 음수일 때 친화도가 정의되지 않는다는 것을 확인한 후, (a_0, b_0) 의 친화도가 정의된다고 가정했을 때 방정식 $x^2 + a_0 x + b_0 = 0$ 의 양의 실수해 a_1, b_1 에 대하여 방정식 $x^2 + a_1 x + b_1 = 0$ 의 실수해가 존재한다면 모두 음의 실수해가 될 수 밖에 없음을 확인한다. 이를 이용하여 친화도가 정의되는 순서쌍 중 친화도의 최댓값을 구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	$x^2 - 6x + 9 = 0$ 의 해를 구하고, $x^2 + 3x + 3 = 0$ 의 해가 없음을 구해서 $(-6, 9)$ 의 친화도가 1임을 확인한다. (1점)	1점
(2)	$(a_0, b_0) = (-3, 2)$ 인 경우, $(a_1, b_1) = (2, 1)$ 이고, $(a_2, b_2) = (-1, -1)$ 라는 것을 확인한다. (1점) b_k 가 음수가 될 경우, 앞의 과정이 끝나지 않고 계속 반복되어 친화도가 정의되지 않음을 설명한다. (1점)	2점
(3)	$x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 가 음수해를 가질 경우, (a_0, b_0) 의 친화도가 정의되지 않음에 착안해 이 방정식이 양수해만 가질 경우를 고려한다. 그 경우, $x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 의 해 $a_1 \geq b_1$ 에 대해서 $x^2 + a_1x + b_1 = 0$ 이 실수해를 가질 경우, 그 중 하나는 음수가 되어야 함을 설명한다. (1점) 이를 이용해서 친화도의 최댓값이 1임을 보인다. (1점)	2점

7. 예시 답안

(1) $(a_0, b_0) = (-6, 9)$ 인 경우, $(a_1, b_1) = (3, 3)$ 이 된다. 이 경우에는 방정식 $x^2 + 3x + 3 = 0$ 의 판별식이 $D = 3^2 - 4 \cdot 3 = -3 < 0$ 이므로 실수해가 없다. 따라서 $(-6, 9)$ 의 친화도는 잘 정의되고, 그 값은 1이다.

(2) $(a_0, b_0) = (-3, 2)$ 인 경우, $(a_1, b_1) = (2, 1)$ 이고, $(a_2, b_2) = (-1, -1)$ 이다. 일반적으로 (a_k, b_k) 가 주어졌을 때, b_k 가 음수이면, 방정식 $x^2 + a_kx + b_k = 0$ 의 판별식 $D = a_k^2 - 4b_k$ 이 항상 양수이므로 실수해가 존재한다. 근과 계수의 관계에 의해서 두 해의 곱은 b_k 이므로 음수가 된다. 따라서 $a_{k+1} > 0 > b_{k+1}$ 이므로 b_{k+1} 도 다시 음수가 된다. 수학적 귀납법에 의해서 모든 $k \geq 2$ 에 대해서 (a_k, b_k) 가 존재하고 b_k 는 음수이다. 따라서 $(-3, 2)$ 의 친화도는 정의되지 않는다.

(3) 앞에서 관찰했듯이, b_k 가 음수가 되는 k 가 있으면 (a_0, b_0) 의 친화도는 정의되지 않는다. (a_0, b_0) 의 친화도가 정의된다고 가정하자. 만약 방정식 $x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 이 실수해를 가지지 않으면 (a_0, b_0) 의 친화도는 0이다. 방정식 $x^2 + a_0x + b_0 = 0$ 가 실수해 a_1, b_1 을 가진다고 하자. 만약 b_1 이 음수라면 (a_0, b_0) 의 친화도는 정의되지 않고, $a_1 \geq b_1$ 이므로 a_1, b_1 은 모두 양수여야 한다.

만약 방정식 $x^2 + a_1x + b_1 = 0$ 이 실수해를 가지지 않으면 (a_0, b_0) 의 친화도는 1이다. 그런데 방정식 $x^2 + a_1x + b_1 = 0$ 이 실수해를 가지면, 근과 계수의 관계에 의해서 두 해의 곱은 $b_1 > 0$ 이고 합은 $-a_1 < 0$ 이다. 따라서 두 실수해는 모두 음수가 된다. 문제 (2)에 의해서 이 경우 (a_0, b_0) 의 친화도는 정의되지 않는다. 따라서 (a_0, b_0) 의 친화도가 정의될 경우, 그 친화도는 0또는 1일 수 밖에 없다. 실제 앞의 문제 (1)에서 친화도가 1이 되는 순서쌍이 있음을 확인했으므로, 친화도의 최댓값은 1이다.

8. 총 평

[고등학교 수학교사 A]

새롭게 정의된 친화도라는 개념을 이해하고 고등학교 1학년 [수학]에서 학습한 이차방정식의 판별식, 이차방정식의 근과 계수의 관계 그리고 [수학 I]에서 학습한 수열의 귀납적 정의를 활용할 수 있는지 평가하기에 좋은 문항이다. (1)번은 친화도 개념을 이해하고 이차방정식을 풀이할 수만 있다면 누구나 해결할 수 있는 문항이고, (2)번은 이차방정식의 판별식 $D=b^2-4ac$ 이 항상 양수가 되는 경우와 근과 계수의 관계를 이용하고 수학적 귀납법을 활용하여 친화도를 구해야하는 점에서 학생들의 수학적 사고능력을 평가하기 좋은 문항이다. (3)번은 (2)번에서 얻은 결과를 이용하여 귀납적으로 정의된 이차방정식의 실근의 부호에 따라 친화도의 최댓값을 구할 수 있는지 묻는 문항이다. 이처럼 새롭게 정의된 개념인 친화도를 수학적으로 명확하게 이해하고, 이차방정식과 수열의 귀납적 정의에 대한 학교 교육과정을 성실히 학습한 학생이라면 그리 어렵지 않게 해결했을 것이라 생각된다.

[고등학교 수학교사 B]

주어진 상황을 이차방정식의 판별식, 근과 계수의 관계, 수학적 귀납법 등을 이용하여 해결해야 하는 문제로서 이차방정식의 두 근 사이의 관계를 파악하고, 이차방정식의 두 근의 부호를 수학적 귀납법을 이용하여 판별할 수 있는지를 평가할 수 있는 좋은 문항이다. (1)번은 문제 상황에서 주어진 친화도라는 개념을 올바르게 파악하였는지를 평가하기 위한 문항이고, (2)번은 친화도가 정의되지 않는 조건을 발견할 수 있는지를 평가하기 위한 문항으로 근과 계수의 관계, 수학적 귀납법 등을 이용해야 한다는 점에서 학생들의 논리적 사고력을 평가하기에 좋은 문항이다. (3)번은 (2)번에서 발견한 사실과 근과 계수의 관계를 이용하여 친화도의 최댓값을 구하는 문항으로 학생들이 문제 상황에서 발견한 사실과 고교교육과정에서 학습한 내용을 융합하여 해결해야한다는 측면에서 학생들의 사고력을 평가하기에 매우 좋은 문항이라 사료된다. [수학]에서 이차방정식의 근과 계수의 관계, 이차방정식의 판별식, [수학 I]에서 수학적 귀납법 등의 교육과정을 성실히 학습한 학생들은 쉽게 접근하여 해결할 수 있었으리라 사료된다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	미래엔 수학 교과서 60p. 4번 문제
근거	이차방정식의 판별식을 이용하는 문제로 (2)번에서 $D = b^2 - 4ac$에서 ac의 부호가 음수이면 $D > 0$이므로 항상 서로 다른 두 실근을 갖는다는 것을 이용하여 문제를 해결한다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2021학년도 수능 연계교재 EBS 수능특강 수학 100p. 3번
근거	대수적 상황이나 기하학적 상황에서 수열 $\{a_n\}$을 정의하고, a_n에 따라 a_{n+1}이 결정되는 수열의 귀납적 정의를 이용하여 문제를 해결한다.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 4]

1. 일반정보

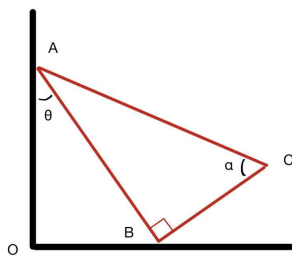
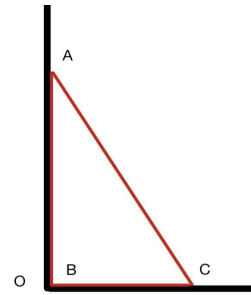
유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	수학 / 문제2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 삼각함수의 덧셈정리, 삼각함수의 미분, 도함수를 활용한 함수의 최댓값과 최솟값 구하기
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

오른쪽 그림과 같이 직각삼각형 ABC 가 있고 선분 AB 의 길이는 4이며 선분 BC 의 길이는 3이다.

직각삼각형 ABC 가 형태를 변형하지 않으며 움직이는데, 점 A 는 벽을 따라 바닥에 닿을 때까지 아래로, 점 B 는 바닥을 따라 오른쪽으로 움직인다. 벽과 바닥이 만나는 점을 O 라고 하자.

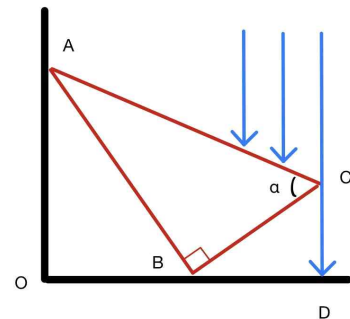
(아래 문항에서 빛은 직각삼각형 ABC 를 뚫고 지나가지 않는다.)

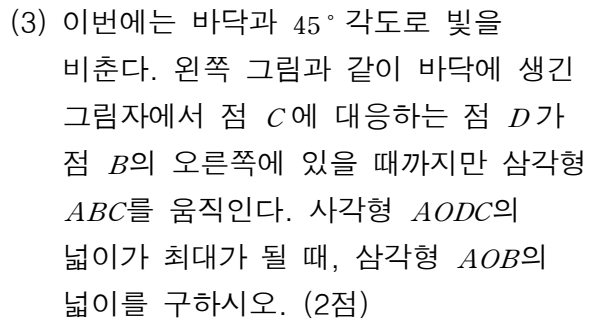


- (1) 각 OAB 를 θ 라고 하고 각 BCA 를 α 라고 하자. 오른쪽에서 수평으로 빛을 벽을 향해 비출 때 벽에 생기는 그림자의 길이를 θ 에 대한 함수로 나타내시오. (1점)



- (2) 점 O 와 점 B 사이의 거리를 x 라고 하자. 이번에는 위에서 수직으로 빛을 바닥을 향해 비춘다. 오른쪽 그림과 같이 바닥에 생긴 그림자에서 점 C 에 대응되는 점을 D 라고 하자. 사다리꼴 $AODC$ 의 넓이가 최대가 될 때, x 값을 구하시오. (2점)





- 평면 기하를 잘 이해하고 있는지 확인함과 동시에 미분을 활용하여 주어진 함수의 최댓값을 구할 수 있는지 확인한다.

가) 교육과정 및 관련 성취기준

- 22 -

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 I	황선욱 외	미래엔	2018.3.	74~79
	미적분	황선욱 외	미래엔	2019.3.	63~69, 75, 76, 110, 111, 117
기타					

5. 문항 해설

(1)번은 벽에 수직으로 비추는 빛에 의해 직각삼각형 ABC의 그림자가 변AB의 그림자에서 변 BC의 그림자로 변하는 과정을 파악하고 이를 θ 에 관한 삼각함수로 나타내는 문항이다.

(2)번은 바닥에 수직으로 비추는 빛에 의해 직각삼각형 ABC의 그림자를 높이로 하고, 선분 AO와 선분 CD를 윗변과 아랫변으로 하는 사다리꼴의 넓이를 θ 에 관한 삼각함수로 나타내어 삼각함수의 덧셈정리를 이용해 사다리꼴의 넓이의 최댓값을 구하는 문항이다.

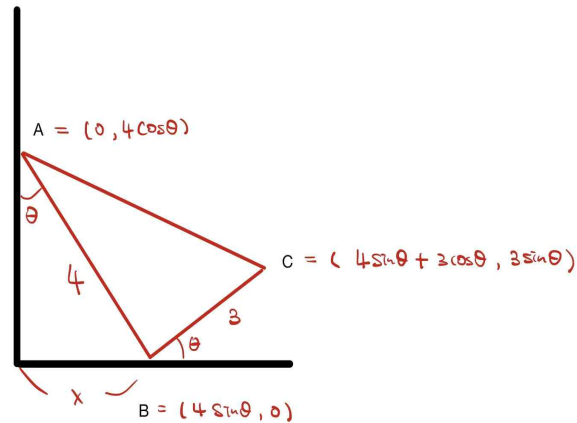
(3)번은 바닥과 45° 각도를 이루며 비추는 빛에 의해 만들어지는 사각형 AODC의 넓이를 θ 에 관한 삼각함수로 나타내고, 삼각함수의 미분을 이용하여 함수의 최댓값을 갖는 θ 의 삼각비를 구하여 주어진 값을 구하는 문항이다.

6. 채점 기준

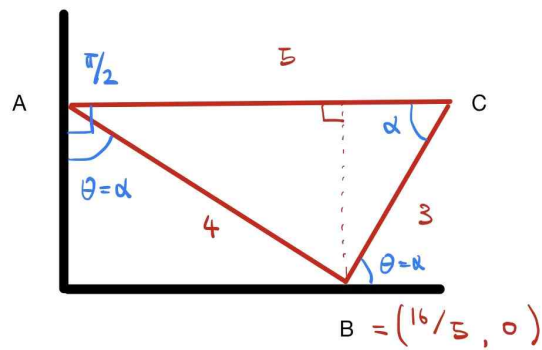
하위 문항	채점 기준	배점
(1)	그림자의 길이를 θ 에 대한 함수로 맞게 나타내면 1점	1점
(2)	사다리꼴 AODC의 넓이를 식으로 맞게 나타내면 1점 사다리꼴 AODC의 넓이가 최대가 되는 순간 x 값을 맞게 구하면 1점	2점
(3)	미분을 사용하여 최대값을 가지는 θ 를 구하면 1점 사각형 AODC의 넓이가 최대가 되는 순간 삼각형 AOB의 넓이를 맞게 구하면 1점	2점

7. 예시 답안

바닥과 벽을 각각 x 축 y 축으로 생각한다. 선분 AB와 y 축이 이루는 각이 θ 이고 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ 이다. 또한, 점 A의 x 좌표는 0, y 좌표는 $4\cos\theta$, 점 B의 x 좌표는 $4\sin\theta$, y 좌표는 0, 점 C의 x 좌표는 $4\sin\theta + 3\cos\theta$, y 좌표는 $3\sin\theta$ 이다.

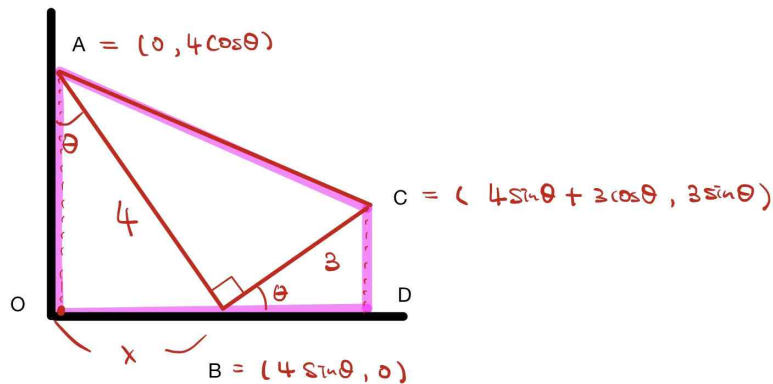


(1) 아래 그림을 통하여 점 A의 y 좌표와 점 C의 y 좌표는 $\theta = \alpha$ 일 때 같으며, $\theta < \alpha$ 이면 점 A의 y 좌표가 더 크고, $\theta > \alpha$ 이면 점 C의 y 좌표가 더 크다는 사실을 알 수 있다.



따라서,
$$f(\theta) = \begin{cases} 4\cos\theta & (0 \leq \theta \leq \alpha) \\ 3\sin\theta & (\alpha < \theta \leq \frac{\pi}{2}) \end{cases}$$

(2) 아래 그림을 통하여 다음을 알 수 있다.



사다리꼴 AODC의 넓이 = 삼각형 ABC의 넓이 + 삼각형 AOB의 넓이 + 삼각형 BDC의 넓이

즉, 사다리꼴 AODC의 넓이는 $6 + 8\sin\theta\cos\theta + \frac{9}{2}\sin\theta\cos\theta = 6 + \frac{25}{4}\sin 2\theta$ 이다.

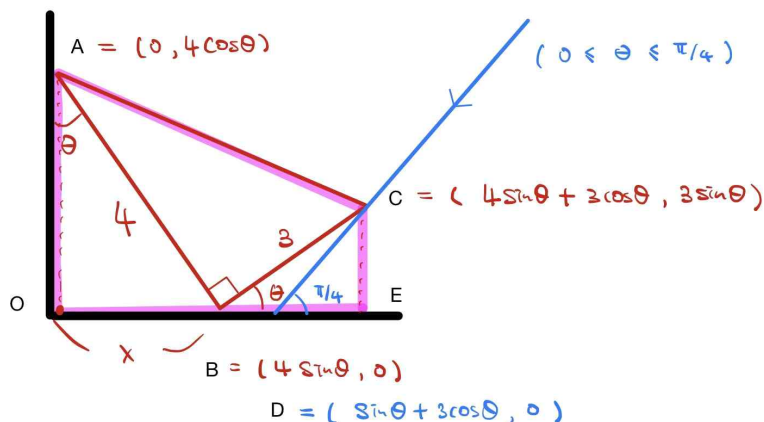
(삼각함수의 덧셈정리를 통해 $\sin 2\theta = \sin(\theta + \theta) = 2\sin\theta\cos\theta$ 임을 유도할 수 있음)

따라서 사다리꼴 넓이는 $\theta = \frac{\pi}{4}$ 일 때 최댓값을 가지므로 $x = 4\sin\frac{\pi}{4} = 2\sqrt{2}$ 이다.

(3) 점 D가 점 B의 오른쪽에 있을 조건은 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$ 이다. 아래 그림에서 점 D의 x 좌표가 $\sin\theta + 3\cos\theta$ 임을 알 수 있고, 사각형 AODC의 넓이는 사다리꼴 AOEC의 넓이에서 삼각형 CDE의 넓이를 뺀 것이므로

구하는 사각형 AODC의 넓이 $f(\theta)$ 는 $f(\theta) = 6 + \frac{25}{4}\sin 2\theta - \frac{9}{2}\sin^2\theta$ 가 된다.

특히, $\theta = \frac{\pi}{4}$ 이면 사각형 AODC의 넓이는 10이 된다.



$f(\theta)$ 를 미분하면,

$$f'(\theta) = \frac{25}{2}\cos 2\theta - 9\sin\theta \cdot \cos\theta = \frac{25}{2}\cos 2\theta - \frac{9}{2}\sin 2\theta \text{ 이고,}$$

$0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}$ 이므로 $f(\theta)$ 는 $\tan 2\theta = \frac{25}{9}$, $\sin 2\theta = \frac{25}{\sqrt{706}}$, 그리고 $\cos 2\theta = \frac{9}{\sqrt{706}}$ 일 때 최

댓값을 가진다. (참고: 이때, $f(\theta) = \frac{15 + \sqrt{706}}{4} > 10$ 이다.)

따라서 삼각형 AOB의 넓이는 $8\sin\theta\cos\theta = 4\sin 2\theta = \frac{100}{\sqrt{706}}$ 이다.

8. 총 평

[고등학교 수학교사 A]

직각삼각형 ABC의 움직임과 빛의 방향에 따라 생기는 그림자의 변화를 파악하여 주어진 문제상황을 해결하는 문항으로, [수학 I]에서 학습한 삼각함수, 그리고 [미적분]에서 학습한 삼각함수의 덧셈정리와 삼각함수의 미분을 통한 함수의 최댓값 구하기를 활용할 수 있는지 평가하기에 좋은 문항이다. (1)번은 좌표평면에서 삼각형 ABC의 각 꼭짓점의 좌표를 θ 를 이용하여 표현하고 직각삼각형의 움직임에 따라 그림자의 길이를 θ 에 관한 함수로 나타낼 수 있는지 묻는 문항으로 삼각함수의 정의만 정확히 알고 있다면 쉽게 해결할 수 있는 문항이다. (2)번은 사다리꼴의 넓이를 삼각함수로 나타낸 후 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 $\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$ 임을 유도하여 사다리꼴 넓이의 최댓값을 구하는 문항이고, (3)번은 주어진 사각형의 넓이를 θ 에 관한 함수로 나타내고 미분을 이용하여 사각형의 넓이가 최대가 되는 θ 를 이용하여 삼각형의 넓이를 찾는 문항으로써 교과서나 모의고사 등에서 자주 다루는 소재이므로 어렵지 않게 해결했으리라 생각된다. 평면기하에 대한 기본적인 이해를 바탕으로 삼각함수, 미적분 등에 대한 수학적 개념을 융합하여 사고할 수 있는지 평가할 수 있는 좋은 문항이다.

[고등학교 수학교사 B]

직각삼각형이 주어진 조건에 따라 움직일 때 생기는 그림자의 길이, 사각형의 넓이의 최댓값에 관한 실생활 융합 문제로서 삼각함수를 이용하여 그림자의 길이, 사각형의 넓이를 표현할 수 있는지, 미분법을 이용하여 삼각함수로 표현되어있는 식이 최대가 되는 각의 값을 구할 수 있는지를 평가할 수 있는 좋은 문항이다. (1)번은 삼각함수의 정의를 이용하여 그림자의 길이를 구하는 문항으로 문제 상황을 올바르게 파악하였는지를 평가하기 위한 간단한 문항이다. (2)번은 사다리꼴의 넓이를 삼각함수를 이용하여 표현하고 이를 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 간단히 나타내며 미분법을 이용하여 사다리꼴의 넓이가 최대가 되는 각의 값을 구해야 하는 문항으로 학생들의 대수적 사고 능력을 평가하기에 좋은 문항이다. (3)번은 (2)번에서 구한 값에서 직각삼각형의 넓이를 제외한 값의 최댓값을 구하는 문항으로 학생들이 고교교육과정에서 학습한 내용뿐만 아니라 문제 해결 과정에서 발견한 사실도 활용할 수 있는지를 평가한다는 측면에서 매우 좋은 문항이라 사료된다. 도형의 넓이의 최댓값 및 최솟값과 삼각함수 관련 문제는 교과서, 수능 등에서 많이 출제되는 소재이므로 [수학 I]에서 삼각함수의 정의, 삼각함수의 덧셈정리, [미적분]에서 삼각함수의 미분법 등을 성실히 학습한 학생들은 쉽게 접근하여 해결할 수 있었으리라 사료된다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2018학년도 6월 모의평가 수학(가) 28번 문제 2020학년도 9월 모의평가 수학(가) 20번 문제
근거	삼각형 또는 사각형의 넓이나 길이를 주어진 각 θ를 이용하여 삼각함수로 표현하는 과정을 통해 문제를 해결한다.

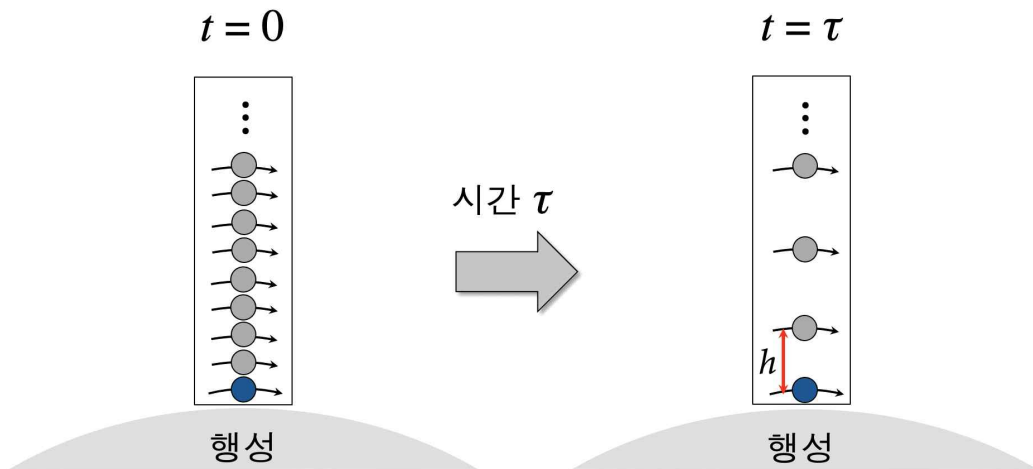
〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2020학년도 6월 모의평가 수학(가) 12번 문제
근거	삼각함수의 미분을 이용하여 함수의 극값을 구하고 최댓값과 최솟값을 구하는 과정을 통해 문제를 해결한다.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 5]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학II
	핵심개념 및 용어	원운동, 케플러 법칙, 중력 법칙
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문



우주 탐사선이 미지의 행성들을 관측하던 중, 대기가 없고 수많은 자갈 조각들로 둘러싸인 특수한 행성을 발견하였다. 자갈들은 행성을 따라 다양한 높이에서 등속 원운동을 하고 있다. 위 그림은 행성 지표면의 특정 위치에서 각각 $t=0$, $t=\tau$ 의 시각에 관측된 자갈들의 모습이다. 그중 지표면 근처에서 운동하는 자갈이 시간 τ 동안 행성을 다섯 바퀴 회전하여 제자리로 돌아오는 것을 확인하였다. 같은 시간 동안 이보다 높은 곳에서 제자리로 돌아온 자갈의 최소 높이는 h 로 관측되었다. 이 행성의 지표면 근처에서 나타나는 중력 가속도를 구하라. (행성은 완벽한 구형이고, 자갈들은 높이 방향으로 고르게 분포한다고 가정하며, 자갈들 사이의 만유인력 및 충돌은 무시한다.) (5점)

3. 출제 의도

- 만유인력의 법칙과 케플러 법칙을 이해하고 이를 적용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정	예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”	
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준	
(1)	교육과정	물리학II: 역학적 상호 작용(등속 원운동, 케플러 법칙, 중력 법칙)
	성취기준· 성취수준	[12물리II 01-5] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다. [12물리II 01-10] 행성의 운동에 대한 케플러 법칙이 뉴턴의 중력 법칙을 만족함을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학II	강남화 외 5명	천재교육	2018	34p~42p
기타					

5. 문항 해설

등속 원운동과 중력 법칙을 이용해 주기와 반지름 사이의 관계를 파악하거나 케플러 제3 법칙에서 주기와 반지름 사이의 관계가 $T^2 \propto r^3$ 임을 이용해 지구 반지름(R)과 지표면으로부터 높이 h의 관계를 구해 지표 근처의 중력가속도를 구하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
없음	• 케플러 법칙 $T^2 \propto r^3$ (또는 중력에 의한 등속 원운동 주기)을 사용하여 문제를 해결하려고 하면 +1점 • h 높이의 자갈 주기가 $\pi/4$임을 찾았으면 +1점 • 식 (4)와 같이 행성의 반지름을 구했으면 +1점 • 식 (6)에서 $g = R\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 까지 구했으면 +1점 • 식 (6)과 같이 중력 가속도를 찾았으면 +1점	5점

7. 예시 답안

자갈은 행성의 중력에 의해 등속 원운동을 하므로 다음 식을 세울 수 있다.

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{GmM}{r^2} \quad (1)$$

(M : 행성의 질량, m : 자갈의 질량, v : 자갈의 속력, r : 원 궤도의 반지름, G : 만 유인력 상수)

이를 정리하여 등속 원운동의 주기 T 를 구할 수 있다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \quad (2)$$

$$\rightarrow T^2 \propto r^3 \quad (3)$$

원 궤도의 반지름이 클수록 주기가 길어지므로 지표면에서 위로 올라갈수록 자갈의 원운동 주기는 길어진다. 따라서 지표면의 자갈이 5번 회전하는 동안 그보다 높은 고도에서 회전하여 제자리로 돌아올 수 있는 자갈의 최대 회전수는 4번이며, 이때 고도가 h 에 해당한다. 즉, 지표면의 자갈은 $\tau/5$ 의 원운동 주기를 갖고, h 높이의 자갈의 원운동 주기는 $\tau/4$ 이다. 행성의 반지름을 R 이라 할 때, 식 (3)을 사용하면,

$$\left(\frac{\tau/5}{\tau/4}\right)^2 = \left(\frac{R}{R+h}\right)^3 \rightarrow R = \frac{h}{(5/4)^{2/3} - 1} \quad (4)$$

행성 표면에서의 중력 가속도 g 는 다음과 같이 표현되며,

$$mg = \frac{GmM}{R^2} \rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \quad (5)$$

식 (2)와 (4)를 사용하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$g = R \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{h}{(5/4)^{2/3} - 1} \left(\frac{10\pi}{\tau}\right)^2 \quad (6)$$

8. 총 평

[고등학교 물리교사 A]

원운동하는 물체의 구심력과 중력 법칙을 이용하여 주기와 반지름 사이의 관계를 유도하거나 케플러 제3칙을 활용하여 주기와 물체의 원운동 반지름 사이의 관계를 구할 수 있음. 이를 바탕으로 주기와 거리 사이의 비율을 통해 행성의 반지름과 h 사이의 관계를 구하고 지표 근처에서 중력가속도를 구할 수 있음. 물리학II에서 다룬 원운동과 케플러 법칙, 중력 법칙을 통해서 충분히 해결할 수 있는 문항이라고 판단됨.

[고등학교 물리교사 B]

만유인력이 구심력으로 작용해 등속 원운동 하는 물체의 회전 반지름과 주기의 관계를 유도하고, 회전반지름에 따른 주기의 규칙성으로부터 지표 근처에서 중력가속도를 구할 수 있음. 뉴턴의 운동방정식을 적절히 활용하는 문항으로 물리학II에서 학습한 등속 원운동과 만유인력, 케플러 법칙을 바탕으로 충분히 해결할 수 있는 문항으로 고교 교육과정에 적합하다고 판단됨.

< 유사 기출 문제 >

유사문제 2021학년도 9월 모평 13번

근거

- 케플러 법칙과 중력 법칙을 모두 이용해서 해결하는 문항으로 xy 평면에서 원점을 중심으로 반지름이 다를 때 일정 시간이 지난 후 물체의 위치를 통해 주기와 구심 가속도를 구하는 문항으로 면접 문항과 유사함.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 6]

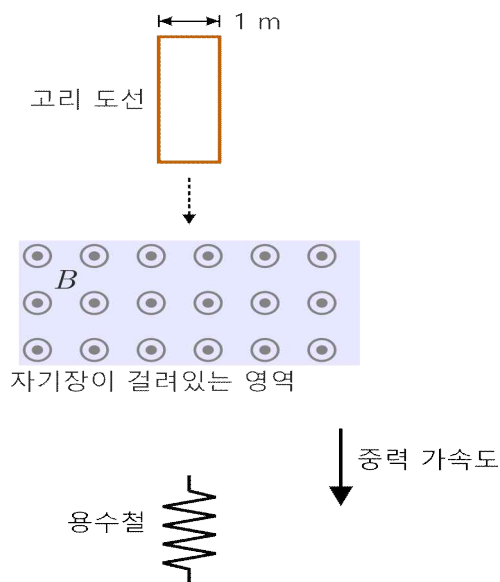
1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I, 물리학 II
	핵심개념 및 용어	역학적 에너지 보존, 전자기 유도
예상 소요 시간	10분	

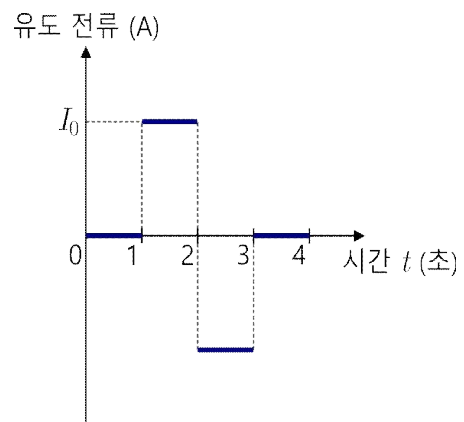
2. 문항 및 제시문

갑돌이는 한국 최초의 달 탐사선 다누리호가 스페이스X사의 로켓에 실려 발사되는 장면을 지켜보고 있었다. 발사가 성공적으로 이루어진 후 1, 2단 로켓이 분리되고, 1단 로켓은 재활용하기 위해 다시 지구로 내려와 착륙하였다. 착륙 시 속도를 줄이기 위해 강하게 연료를 소모하는 것을 본 갑돌이는, 놀이공원에 있는 자이로드롭의 원리를 이용하면 더 효율적으로 로켓의 속도를 줄일 수 있지 않을까 하는 생각이 들어서 다음과 같은 실험을 구상해 보았다.

[그림 1]과 같이 질량이 1 kg이고 저항이 1 Ω 이며 너비가 1 m인 직사각형 모양의 고리 도선을 준비하여 $t=0$ 시각에 정지 상태에서 자유낙하 시킨다. 이후 고리 도선은 세기 B 의 균일한 자기장이 걸려있는 영역을 통과하며, 이 과정에서 고리 도선이 이루는 면은 자기장에 수직인 상태로 유지된다. 고리 도선은 자유낙하를 시작한 지 4초 후에 바닥에 있는 용수철에 닿았다. 이 실험을 하면서 고리 도선에서 발생하는 유도 전류를 측정하였더니 [그림 2]와 같은 결과를 얻었다. (중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 공기 저항과 용수철의 질량은 무시한다.)



[그림 1]



[그림 2]

-
- (1) 고리 도선이 용수철에 붙은 채로 용수철이 압축된다. 이때 최대 2 m만큼 압축되었다면, 용수철 상수는 얼마인가? (3점)
- (2) 고리 도선이 자기장이 걸려있는 영역을 통과할 때 발생하는 에너지 변환을 설명하고, 이를 이용하여 고리 도선에서 발생하는 유도 전류의 크기 I_0 와 자기장의 세기 B 를 구하라. (2점)

3. 출제 의도

- 유도 기전력의 발생 원리를 이해하고 있는지 확인한다.
- 등속 및 가속 운동을 기술할 수 있는지 확인한다.
- 에너지 변환 및 보존 개념을 이해하고 있는지 확인한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	물리학 I: 힘과 운동, 전기와 자기, 열과 에너지 물리학 II: 힘과 운동, 전기와 자기, 열과 에너지
	성취기준·성취수준	[12물리I 01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리I 01-06] 직선 상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다. [12물리II 01-03] 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리II 02-07] 자기선속이 시간에 따라 변화할 때 유도 기전력이 회로에 유도되는 현상에서 기전력의 크기를 구할 수 있다.
(2)	교육과정	물리학 I: 힘과 운동, 전기와 자기, 열과 에너지 물리학 II: 힘과 운동, 전기와 자기, 열과 에너지
	성취기준·성취수준	[12물리I 01-02] 뉴턴 운동 법칙을 이용하여 직선 상에서 물체의 운동을 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리I 01-06] 직선 상에서 운동하는 물체의 역학적 에너지가 보존되는 경우와 열에너지가 발생하여 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우를 구별하여 설명할 수 있다. [12물리II 01-03] 평면상의 등가속도 운동에서 물체의 속도와 위치를 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리II 02-07] 자기선속이 시간에 따라 변화할 때 유도 기전력이 회로에 유도되는 현상에서 기전력의 크기를 구할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	강남화 외 5명	천재교육	2018	18~26 45~50
	물리학 II	강남화 외 5명	천재교육	2018	25~28 126~131
기타					

5. 문항 해설

(1)번 문항은 등가속도 운동하는 물체의 운동 시간에 따라 물체의 속력을 구하고 이를 바탕으로 역학적 에너지가 보존됨을 통해 용수철의 탄성 계수를 구하는 문항이다.

(2)번 문항은 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우 중력 퍼텐셜 에너지가 전기 에너지로 전환되는 것임을 확인하고 감소한 중력 퍼텐셜 에너지만큼 전기 에너지가 증가함을 통해 자기장의 세기를 구하는 문항임.

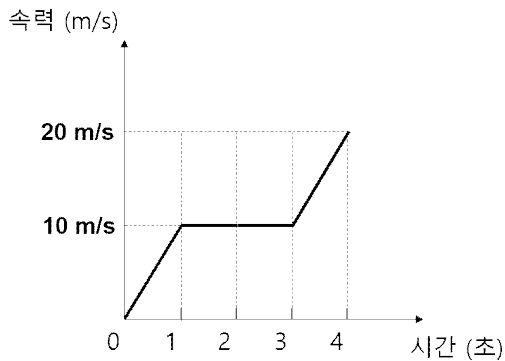
6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	- 측정된 유도 전류로부터 고리 도선의 운동상태(자유낙하-등속 운동-자유낙하)를 기술할 수 있으면 +1점 - 용수철이 압축될 때 ‘고리 도선의 (운동 에너지 + 중력 퍼텐셜 에너지) → 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지’ 개념을 설명하면서 $\frac{1}{2}mv^2 + mgx = \frac{1}{2}kx^2$ 식을 얻었다면 +1점 - 용수철 상수 $k = 110 \text{ N/m}$를 정확히 계산하였다면 +1점	3점
(2)	- 고리 도선의 운동상태로부터 ‘중력 퍼텐셜 에너지 → 전기 에너지’ 개념을 설명하면서 $mgh = I_0^2 R t$ 식을 얻었다면 +1점 - 유도 전류 $I_0 = 10 \text{ A}$와 자기장 세기 $B = 1 \text{ T}$를 정확히 계산하였다면 +1점	2점

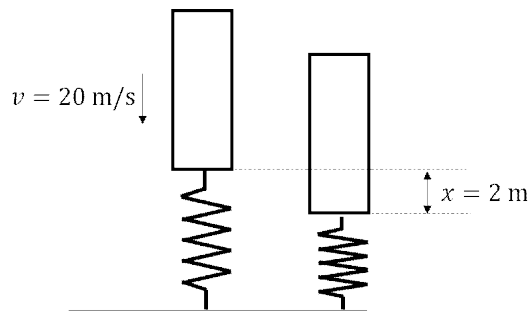
7. 예시 답안

(1) 세기 B 의 균일한 자기장이 걸린 영역에 너비 l 의 직사각형 고리 도선이 속력 v 로 들어갈 때 발생하는 유도 기전력의 크기는 $V = Blv$ 로 표현된다. 또한 유도 전류의 크기는 $I = \frac{V}{R} = \frac{Blv}{R}$ (R : 고리 도선의 저항)가 된다. 여기서 중요한 사실은, 유도 전류는 고리 내부의 자기 선속이 변할 때만 발생하며, 이때 발생하는 유도 전류의 크기는 고리 도선의 속력에 비례한다는 사실이다.

고리 도선이 자유낙하를 시작한 후 0~1초 구간에는 유도 전류가 발생하지 않았기 때문에 공기 중에서 자유낙하를 하였음을 알 수 있고, 이후 1~2초 구간에서 일정한 크기의 유도 전류가 발생하였다는 것은 자기장이 걸린 영역에 진입한 후 등속 운동을 하였음을 의미한다. 이후 유도 전류의 방향이 바뀌었다는 것은 고리 도선이 자기장 영역을 빠져나가기 시작하였음을 의미하며, 2초에서 유도 전류가 즉각적으로 바뀌었다는 것은 고리 도선의 높이가 자기장이 걸린 영역의 높이와 같다는 것을 의미한다. (즉, 고리 도선이 완전히 자기장 영역에 진입하자마자 바로 빠져나가기 시작한다) 따라서 2~3초 구간에서도 같은 속력으로 등속 운동을 함을 알 수 있다. 이후 3~4초 구간에서는 유도 전류가 발생하지 않았으므로 도선이 자기장 영역을 완전히 빠져나가 다시 자유낙하를 함을 알 수 있다. 이 과정에서 도선의 속력 변화를 그래프로 나타내면 [그림 S1]과 같다. (중력 가속도 10 m/s^2 으로 낙하하므로, 자유낙하 시 1초당 10 m/s 의 속력 변화가 발생한다.)



[그림 S1]



[그림 S2]

따라서 자유낙하를 시작한 지 4초 후 고리 도선이 용수철에 도달하였을 때 속력은 $v = 20 \text{ m/s}$ 이 된다. 이후 [그림 S2]와 같이 용수철이 압축되기 시작하는데, 이때 고리 도선의 (중력 퍼텐셜 에너지 + 운동 에너지)가 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지로 변환되고, 이 과정에 적용되는 에너지 보존 법칙은 아래 식으로 표현된다.

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgx = \frac{1}{2}kx^2 \quad (x: \text{용수철이 최대로 수축한 길이})$$

이 식에 $m=1\text{ kg}$, $v=20\text{ m/s}$, $g=10\text{ m/s}^2$, $x=2\text{ m}$ 를 대입하면 용수철 상수 $k=110\text{ N/m}$ 가 나온다.

(2) [그림 S1]에서 고리 도선이 자기장 영역을 통과하는 시간은 1~3초 구간이며, 이때 $h=20\text{ m}$ 의 높이를 $v=10\text{ m/s}$ 의 속도로 등속으로 낙하한다. 이 과정에서 속도가 일정하므로 운동 에너지의 변화는 없고, 중력 퍼텐셜 에너지가 전기 에너지로 변환된다. 따라서

$$mgh = I_0^2 R t$$

가 되며, $m=1\text{ kg}$, $g=10\text{ m/s}^2$, $h=20\text{ m}$, $R=1\ \Omega$, $t=2\text{ s}$ 를 대입하면 $I_0=10\text{ A}$ 가 나온다.

유도 전류의 크기는 $I_0 = \frac{V}{R} = \frac{Blv}{R}$ 이므로, 자기장의 세기는 $B = \frac{I_0 R}{lv}$ 이며, $I_0=10\text{ A}$, $R=1\ \Omega$, $l=1\text{ m}$, $v=10\text{ m/s}$ 를 대입하면 $B=1\text{ T}$ 를 얻을 수 있다. (T는 자기장의 단위 테슬라)

8. 총 평

[고등학교 물리교사 A]

패러데이 법칙으로부터 일정한 유도 전류가 흐르기 위해서는 도선의 속도가 일정해야 함을 유추할 수 있으며, 그래프를 분석하여 전류가 흐르지 않는 구간에서 물체가 중력 가속도로 등가속도 운동하는 것을 알 수 있음. 이를 통해 시간에 따른 물체의 속도를 구할 수 있음. 역학적 에너지 보존 법칙을 통해 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지가 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환됨을 확인하고 탄성계수를 구할 수 있음. 또한 감소한 중력 퍼텐셜 에너지가 전기 에너지로 전환됨을 알 수 있으며 이를 통해 자기장의 크기를 구할 수 있음. 결론적으로 전자기 유도 법칙과 역학적 에너지 보존을 통해 충분히 해결할 수 있는 문항이라 판단됨.

[고등학교 물리교사 B]

고리 도선을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화에 따른 유도 전류의 방향과 크기를 정량적으로 구할 수 있음. 시간에 따른 유도 전류의 그래프를 통해 고리에 작용하는 자기력을 고려해 중력장내에서 고리 도선의 움직임을 추론할 수 있음. 또한 손실된 역학적 에너지를 이용해 고리에서 발생한 전기에너지와 용수철에 저장된 퍼텐셜 에너지를 구할 수 있음. 유도 기전력과 자기력, 역학적 에너지 보존 등 물리학 II에서 다루는 전자기적인 개념뿐 아니라 역학적인 개념을 모두 활용해 충분히 해결할 수 있는 문항이라고 판단됨.

< 유사 기출 문제 >

유사문제 물리1 2017학년도 수능 11번

근거

- 금속 고리가 균일한 자기장 영역을 등속도로 운동할 때 유도 전류의 세기가 일정한 값을 갖는 그래프로 표현되어 있음. 금속 고리에 균일한 유도 전류가 흐르기 위해서는 금속 고리가 등속도로 운동해야 함을 나타냄.

< 유사 기출 문제 >

유사문제 물리1 2020학년도 수능 14번

근거

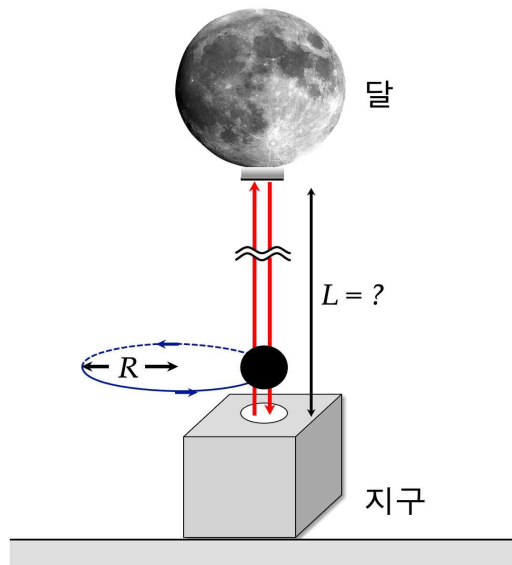
- 마찰이 없는 빗면에 자석이 코일을 통과할 때 전구의 밝기가 통과한 후의 전구의 밝기 보다 밝다라는 명제를 통해 해결하는 문항으로 퍼텐셜 에너지가 감소했지만 운동에너지도 역시 감소 했음을 통해 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환되었음을 알 수 있음.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 7]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I, 물리학 II
	핵심개념 및 용어	빛의 속도, 등속 원운동
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문



1971년 발사된 아폴로 15호의 임무 중 하나는 달 표면에 거울을 설치하는 것이었다. 그림과 같이 지구에서 보낸 빛이 거울에서 반사된 후 처음 빛을 내보낸 위치로 항상 되돌아오도록 거울을 설치하였다. 일정한 세기의 빛이 상자의 구멍을 통해 연속적으로 방출되고, 거울에서 반사되어 다시 구멍으로 들어오는 빛의 평균 세기를 상자 안에서 측정하는 상황을 생각해 보자. 이때, 상자의 구멍 바로 위에서 검은색 공이 수평면 상에서 반지름이 R 인 등속 원운동을 하고 있으며, 공의 속력(v)을 자유롭게 조절할 수 있게 만들었다. 이를 이용하여 지구에서 달까지의 거리(L)를 측정하는 방법을 정량적으로 기술하라. (공의 단면적은 상자 구멍의 크기와 동일하고, 지구와 달의 공전 및 자전 효과는 무시한다. 상자 안에서 빛의 세기를 측정할 때 순간적인 세기 변화는 알 수 없고 평균 세기만 알 수 있다.) (5점)

3. 출제 의도

- 빛이 유한한 속력을 가지고 있음을 알고, 이를 빛의 이동 거리를 찾는 데 적용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	물리학I: 역학과 에너지 - 속도, 특수 상대성 이론
		물리학II: 역학적 상호 작용 - 등속 원운동
	성취기준· 성취수준	[12물리 I 01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다.
		[12물리 I 01-09] 모든 관성계에서 빛의 속도가 동일함을 알고 시간 지연, 길이 수축, 동시성과 관련된 현상을 설명할 수 있다.
		[12물리II 01-05] 구심력을 이용하여 등속 원운동을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	손정우 외 5인	(주)비상교육	2021	12-13, 68
	물리학 I	강남화 외 5인	(주)천재교육	2021	12, 70
	물리학II	손정우 외 5인	(주)비상교육	2021	32-33
	물리학II	강남화 외 5인	(주)천재교육	2021	34-35
기타					

5. 문항 해설

지구와 달 사이에 경로를 따라 진행한 빛이 돌아오는 시간과 등속 원운동하는 물체의 주기의 관계를 통하여 지구에서 측정한 빛의 세기가 최대화 되는 조건을 찾고, 이를 통해 지구와 달 사이의 거리를 측정하는 방법을 묻는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
없음	- 빛의 속력이 c로 일정함을 이용하여 빛이 달 표면 거울에서 반사되어 돌아온 시간(τ)으로부터 거리 $L=c\tau/2$를 찾으려 하면 +1점 - 빛이 이동하는 시간 정보를 얻기 위해 빛을 주기적으로 차단해야 함을 알고 있고, 공의 원운동에 의한 빛의 차단 주기 $T=\frac{2\pi R}{v}$를 찾으면 +1점 - 식 (3)과 같이 반사되어 되돌아온 빛의 세기가 최소가 될 때 공이 상자 입구를 막는 조건을 찾으면 됨을 알고 있고, 그 실험 방법을 구체적으로 제시하면(예: 상자 안에 들어가는 빛의 평균 세기가 최대화되는 조건을 찾는다) +1점 - 식 (5)의 결과를 얻어 지구와 달 사이의 거리를 구하는 방법을 정량적으로 찾으면 +2점	5점

7. 예시 답안

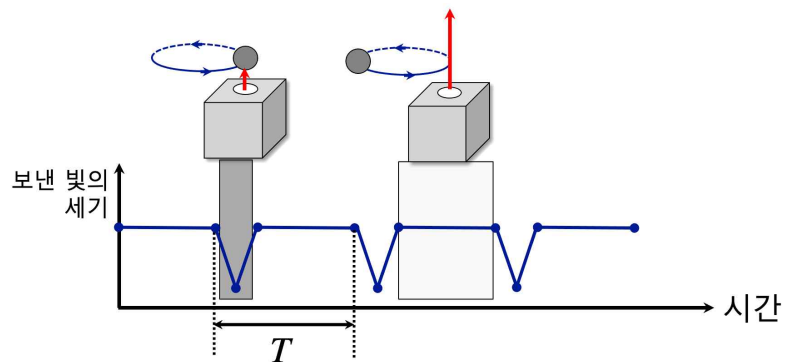
빛은 일정한 속력(c)을 가지므로, 빛이 지구에서 출발하여 달 표면의 거울에서 반사되어 돌아오는 데 걸리는 시간(τ)을 측정함으로써 지구와 달 사이의 거리(L)를 알 수 있다.

$$2L = c\tau \quad (1)$$

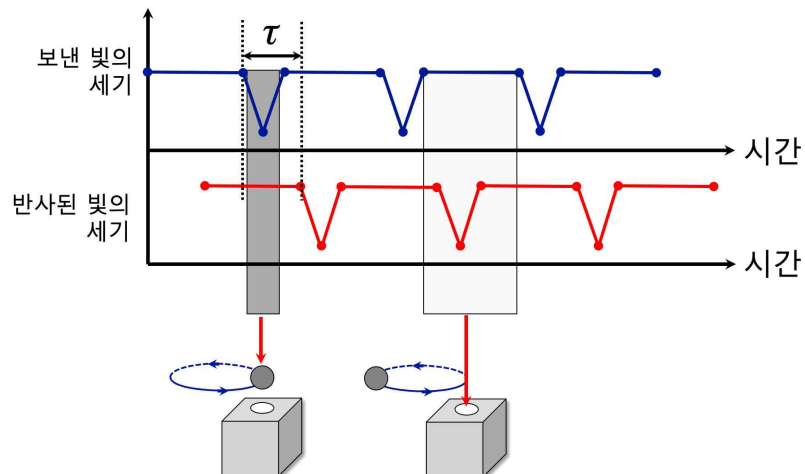
하지만 연속적으로 방출되는 빛으로는 시간 정보를 알 수 없으므로, 빛의 세기를 주기적으로 조절하는 과정이 필요하다. 등속 원운동을 하는 공은 빛을 주기적으로 차단하므로 빛의 세기를 시간에 따라 변화시킬 수 있다. 이때 빛이 차단되는 주기(T)는 공의 원운동 주기와 일치한다.

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (2)$$

따라서 공의 속력(v)을 조절하여 빛이 차단되는 주기를 조절할 수 있다. 공의 운동에 의해 발생하는 달로 보낸 빛의 세기 변화를 아래 그림과 같이 표현할 수 있다.



반사된 빛이 지구로 되돌아올 때 τ 시간만큼 지연이 생기며, 이 빛은 상자에 들어오기 직전 공의 운동에 의해 같은 방법으로 주기적으로 차단된다.



상자 안으로 들어가는 빛의 평균 세기를 최대화하려면 반사되어 되돌아온 빛의 세기가 최소가 될 때 공이 입구를 막도록 설계하면 된다. 즉

$$\tau = n T \quad (n: \text{자연수}) \quad (3)$$

일 때 빛의 평균 세기가 최대가 된다. 이 조건은 식 (1)과 (2)를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{2L}{c} = n \frac{2\pi R}{v} \rightarrow v = n \frac{c\pi R}{L} \quad (4)$$

따라서 공의 속력이 $\frac{c\pi R}{L}$ 의 배수가 될 때 빛의 평균 세기가 최대가 된다. 공의 속력을 0에서 점차 증가시키며 처음으로 빛의 평균 세기가 최대가 되는 속력(v_0)을 찾으면, 이를 이용하여 지구와 달 사이의 거리를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$L = \frac{c\pi R}{v_0} \quad (5)$$

8. 총 평

[고등학교 물리교사 A]

빛의 속력이 일정함을 통하여 왕복운동하는 시간을 구할 수 있으며, 등속 원운동하는 물체의 주기를 구하여 왕복 운동하는 시간과 등속 원운동하는 물체의 주기가 맞물리는 조건을 유도할 수 있음. 또한, 이 경우에 등속 원운동하는 물체에 의한 빛 가림 현상이 최소화되어 측정되는 빛의 세기가 최대화 될 수 있음을 충분히 추론할 수 있으므로 주어진 조건에 의해서 지구와 달 사이의 거리를 구하는 과정은 교육과정 내에서 충분히 해결 가능하다고 판단됨.

[고등학교 물리교사 B]

주어진 상황에서 빠르지만 유한한 빛의 속력을 구하는 방법을 정량적으로 기술하는 문항으로 등속 원운동하는 물체의 규칙성을 바탕으로 빛의 세기를 측정해 빛의 속력을 추론할 수 있음. 물리학 I의 속도와 등속 원운동에서 주기라는 비교적 단순한 개념으로 접근해 주어진 조건에서 반사된 빛의 세기의 규칙성을 파악한다면 충분히 해결할 수 있는 문항으로 판단됨.

< 유사 기출 문제 >

유사문제

근거

- 새로운 유형으로 유사 기출문제를 찾을 수 없음.

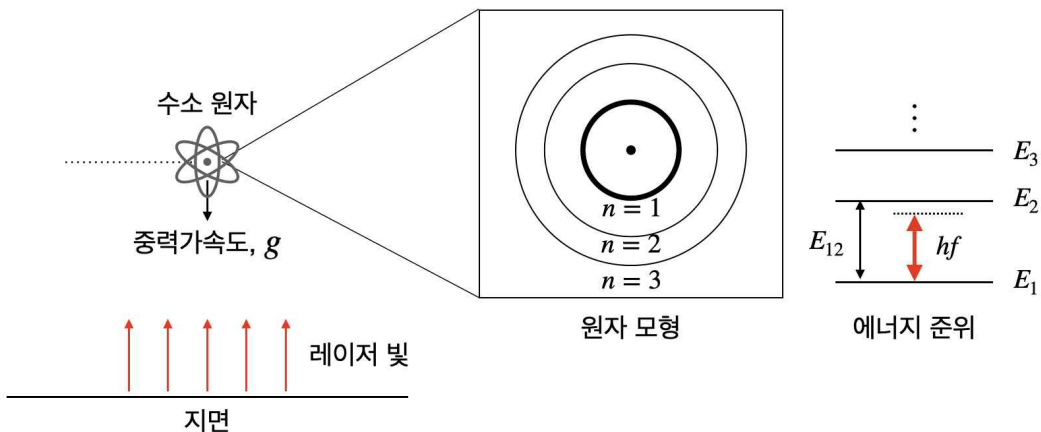
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 8]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 I, 물리학 II
	핵심개념 및 용어	등가속도 운동, 운동량 보존, 도플러 효과, 원자 모형, 에너지 준위, 빛의 입자성
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

그림과 같이 질량이 m 인 수소 원자가 정지 상태에서 자유 낙하를 시작하였다. 이 원자는 연직 위 방향으로 전파하는 진동수 f 의 레이저 빛에 노출되어 있다. 자유 낙하를 시작할 때 수소 원자의 전자는 에너지가 가장 낮은 바닥상태($n=1$)에 있었으며, 레이저 빛의 광자의 에너지는 수소 원자의 첫 번째 전이 에너지 E_{12} (수소 원자가 바닥상태에서 첫 번째 들뜬상태($n=2$)로 전이하는 데 필요한 에너지) 대비 미세하게 작다고 한다. (중력 가속도는 g 이고, 레이저 빛의 전파 속력은 c 이며, 플랑크 상수는 h 이다. 공기 저항은 무시한다.)



- (1) 수소 원자의 전자가 첫 번째 들뜬 상태로 전이되는 시점까지 낙하한 거리를 구하라. (자유 낙하를 시작할 때 수소 원자가 지면으로부터 충분히 높은 곳에 있었다고 가정한다.) (2점)

- (2) 수소 원자의 전자가 첫 번째 들뜬 상태로 전이된 직후 바로 광자를 방출하여 바닥상태로 돌아오게 된다. 이때 광자가 방출되는 방향은 언제나 연직 아래 방향이라고 가정하고, 방출되는 광자의 에너지는 항상 E_{12} 이다. 광자를 방출하는 시간 동안 수소 원자가 이동한 거리는 무시하자. 광자를 방출한 직후 수소 원자의 운동 방향이 연직 위 방향으로 바뀌게 될 수 있음을 설명하고 그러기 위한 레이저 빛의 진동수 f 의 조건을 구하라. 그리고 이 경우 시간이 더 지남에 따라 원자가 나타낼 수 있는 움직임 양상을 정성적으로 기술하고, 매우 긴 시간이 흐르는 동안의 원자의 변위를 최소화하는 레이저 빛의 진동수 f 를 구하라. (3점)

3. 출제 의도

- 보어의 수소 원자 모델과 빛의 흡수나 방출에 의한 전이 현상을 이해하고, 도플러 효과 및 물체의 역학 운동을 적용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	물리학I: 역학과 에너지 - 속도, 가속도, 등가속도 직선 운동, 특수 상대성 이론, 원자의 스펙트럼 물리학II: 파동과 물질의 성질 - 도플러 효과, 원자 모형
	성취기준·성취수준	[12물리 I 01-01] 여러 가지 물체의 운동 사례를 찾아 속력의 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다. [12물리 I 01-09] 모든 관성계에서 빛의 속도가 동일함을 알고 시간 지연, 길이 수축, 동시성과 관련된 현상을 설명할 수 있다. [12물리 I 02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다. [12물리 II 03-02] 파원의 속도에 따라 파장이 달라짐을 이해하고, 활용되는 예를 찾아 설명할 수 있다. [12물리 II 03-08] 수소 원자 내에서 전자의 궤도를 고전 역학으로 설명할 수 없음을 불확정성 원리를 사용하여 설명할 수 있다.

(2)	교육과정	물리학I: 역학과 에너지 - 운동량 보존, 원자의 스펙트럼 물리학II: 파동과 물질의 성질 - 빛의 입자성, 원자 모형
	성취기준· 성취수준	[12물리 I 01-04] 물체의 1차원 충돌에서 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 속력의 변화를 정량적으로 예측할 수 있다. [12물리 I 02-02] 원자 내의 전자는 불연속적 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰을 통하여 설명할 수 있다. [12물리 II 03-06] 광전 효과 실험을 근거로 빛의 입자성을 설명할 수 있다. [12물리 II 03-08] 수소 원자 내에서 전자의 궤도를 고전 역학으로 설명할 수 없음을 불확정성 원리를 사용하여 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	손정우 외 5인	(주)비상교육	2021	14-15, 29-33, 68, 94-96
	물리학 I	강남화 외 5인	(주)천재교육	2021	25, 37-41, 70, 96-97
	물리학II	손정우 외 5인	(주)비상교육	2021	150-153, 174-175, 182-187
	물리학II	강남화 외 5인	(주)천재교육	2021	154-158, 181-182
기타					

5. 문항 해설

(1)은 수소 원자가 자유낙하하는 상황에서 도플러 효과에 의해 변화한 레이저 빛의 진동수를 구하고, 광자의 에너지가 수소 원자 에너지 준위 차이와 같을 때 흡수하는 조건을 통하여 수소 원자가 전이할 때까지 낙하한 거리를 구할 수 있는지 묻는 문항이다.

(2)는 먼저 빛의 입자성과 운동량 보존을 활용하여 수소 원자가 빛을 흡수하고 방출할 때 수소 원자의 운동량 변화를 구하고, 연직 위로 운동할 수 있는 진동수 조건을 찾을 수 있는지 묻는다. 또한, 자유낙하와 빛의 흡수 방출 과정을 통하여 시간에 따라 등가속도 운동을 반복하는 원자의 운동 양상을 설명하고, 이를 통해 원자의 변위가 최소화하는 빛의 진동수 조건을 구할 수 있는지 묻는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	- 도플러 효과로 인해 자유 낙하하는 원자가 느끼는 빛의 진동수 (f_v)가 점점 증가하여 $hf_v = E_{12}$가 성립할 때 원자가 광자를 흡수할 수 있음을 설명했으면 +1점 - 전이가 일어날 때의 원자의 속력 $v_1 = c \left(1 - \frac{hf}{E_{12}}\right)$ 및 그때까지의 낙하 거리 $L = \frac{c^2}{2g} \left(1 - \frac{hf}{E_{12}}\right)^2$을 구했으면 +1점	2점
(2)	- 운동량 보존 법칙을 적용하여 광자의 방출 직후 원자의 운동량(p_1')을 얻은 후, 레이저 빛의 진동수(f)가 $f > \frac{mc^2 - E_{12}}{h(1 + mc^2/E_{12})}$의 조건을 만족할 때 원자가 광자를 방출한 직후 연직 위 방향으로 운동하게 됨을 구했으면 +1점 (동일한 답안으로 $f > \frac{E_{12}(mc^2 - E_{12})}{h(mc^2 + E_{12})}$, $f > \frac{E_{12}(1 - E_{12}/mc^2)}{h(1 + E_{12}/mc^2)}$, $f > \frac{1}{h} \left(\frac{mc - E_{12}/c}{1/c + mc/E_{12}} \right)$) - 원자가 광자를 반복적으로 흡수 및 방출하면서 상하운동이 반복됨을 언급하고(세 가지 가능성을 모두 열거하지 않아도 됨), 매우 긴 시간이 흐르는 동안의 원자의 변위가 최소화되려면 일정한 높이에서 상하운동을 하게 만드는 조건(광자 방출 직후 속도가 $-v_1$ 또는 (*) $p_1' = -mv_1$)을 만족해야 함을 설명했으면 +1점 - 원자가 일정한 높이에서 상하운동을 반복하게 만드는 레이저 빛의 진동수 $f = \frac{2mc^2 - E_{12}}{h(1 + 2mc^2/E_{12})}$를 구했으면 +1점 (동일한 답안으로 $f = \frac{E_{12}(2mc^2 - E_{12})}{h(2mc^2 + E_{12})}$, $f = \frac{E_{12}(2 - E_{12}/mc^2)}{h(2 + E_{12}/mc^2)}$, $f = \frac{1}{h} \left(\frac{2mc - E_{12}/c}{1/c + 2mc/E_{12}} \right)$)	3점

7. 예시 답안

(1) 수소 원자가 자유낙하를 하면서 연직 아래 방향으로 $v=gt$ 의 속력을 갖게 된다. 그러면 원자의 움직임으로 인한 도플러 효과로 원자가 느끼는 레이저 빛의 진동수(f_v)가 변하게 된다. 특수 상대성 이론의 광속 불변 원리에 의하면 빛의 속력(c)은 관찰자의 속도에 관계없이 일정하다. 따라서 원자가 빛을 향해 이동하는 거리만큼 빛이 덜 이동함을 이용하여, 움직이는 원자가 느끼는 레이저 빛의 주기(T_v)를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$cT_v = cT - vT \rightarrow T_v = T \left(\frac{c-v}{c} \right) \quad (T: \text{빛의 원래 주기})$$

이를 빛의 진동수로 표현하면 다음과 같다.

$$f_v = f \left(\frac{c}{c-v} \right)$$

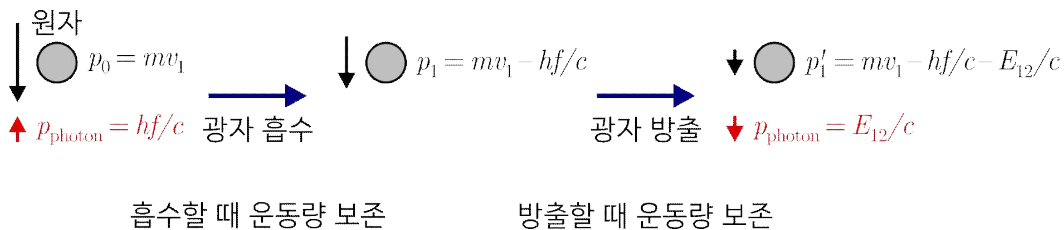
첫 번째 들뜬상태로 전이가 일어나기 위해서는 $hf_v = E_{12}$ 의 관계를 만족해야 하므로, 수소 원자는 다음의 속력을 가질 때 첫 번째 들뜬상태로 전이된다.

$$v_1 = c \left(1 - \frac{hf}{E_{12}} \right)$$

따라서 자유 낙하를 시작하여 전이가 일어날 때까지 걸리는 시간은 $t_1 = \frac{c}{g} \left(1 - \frac{hf}{E_{12}} \right)$

이며, 그때까지의 낙하 거리는 $L = \frac{1}{2}gt_1^2 = \frac{c^2}{2g} \left(1 - \frac{hf}{E_{12}} \right)^2$ 이다.

(2) 운동량 보존 법칙에 따라 광자가 흡수된 직후 원자의 운동량은 $p_1 = mv_1 - h/\lambda = mv_1 - hf/c$ ($\lambda = c/f$: 레이저 빛의 파장)가 된다. 이후 연직 아래 방향으로 광자를 다시 방출하기 때문에 바닥상태로 돌아온 직후의 원자의 운동량은 $p_1' = mv_1 - hf/c - E_{12}/c$ 가 된다.

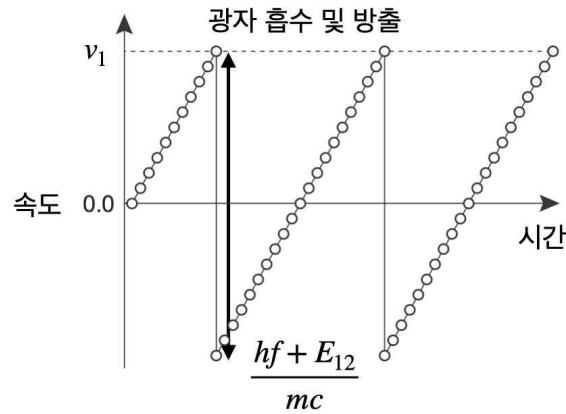


따라서 $p_1' < 0$ 일 때, 즉,

$$mc \left(1 - \frac{hf}{E_{12}} \right) - \frac{hf}{c} - \frac{E_{12}}{c} < 0 \rightarrow f > \frac{mc^2 - E_{12}}{h(1 + mc^2/E_{12})}$$

일 때 원자가 광자를 방출한 직후 연직 위 방향으로 운동하게 된다.

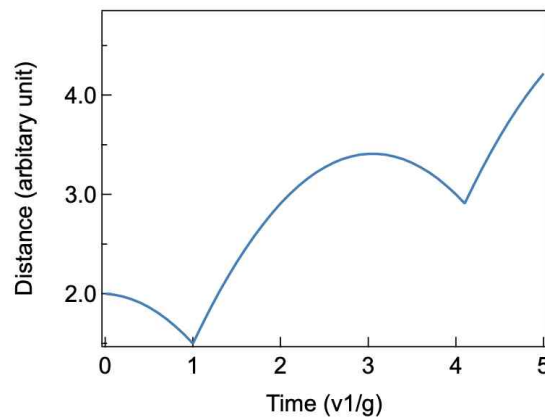
이 경우 시간이 더 지남에 따라 원자가 나타내는 운동을 속도-시간 그래프로 그리면 다음과 같다.



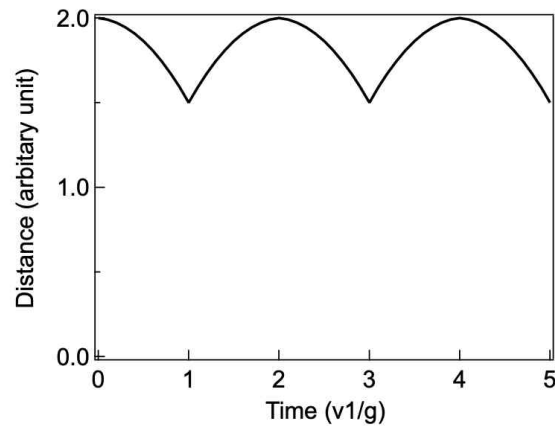
광자가 흡수 및 방출되는 과정에서 광자의 운동량에 의해 원자의 속도가 $(hf + E_{12})/mc$ 만큼 바뀌면서 원자는 연직 위 방향으로 운동하게 된다. 중력에 의해 원자가 다시 낙하하여 $v_1 = c \left(1 - \frac{hf}{E_{12}}\right)$ 조건을 만족하면 앞선 운동을 반복하게 된다.

광자의 운동량에 따라 원자가 ① 점점 위로 올라가는 경우, ② 지면으로 떨어지거나 위로 올라가지 않고 계속 상하운동을 하는 경우, ③ 점점 지면으로 떨어지는 경우를 생각해 볼 수 있다. 각 경우에 대해 위치-시간 그래프는 다음과 같다.

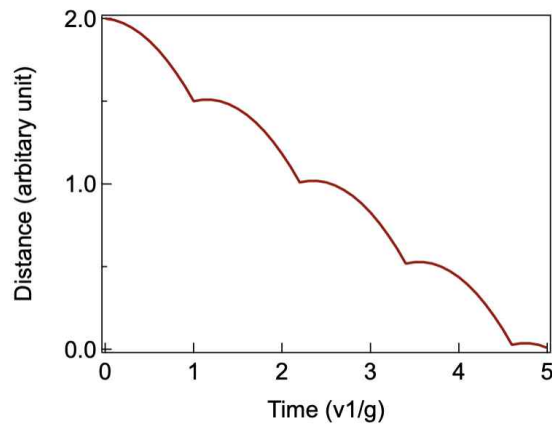
① 점점 위로 올라가는 경우



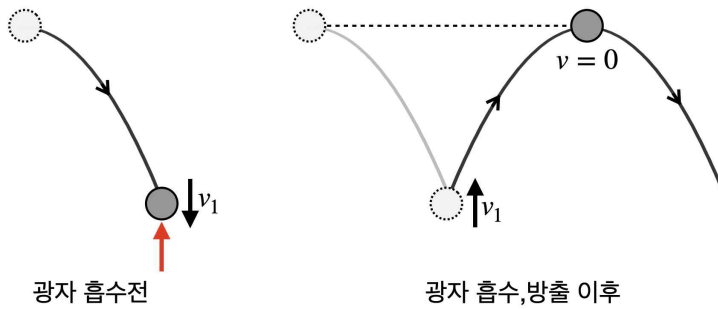
② 일정한 높이에서 상하운동을 하는 경우



③ 점점 지면으로 떨어지는 경우



특히 매우 긴 시간이 흐르는 동안의 원자의 변위가 최소화되는 경우는 ② 일정한 높이에서 상하운동을 하는 경우이다. 이를 위해서는 원자가 광자를 방출한 직후의 속도가 $-v_1$ 이어야 한다 (아래 그림 참고).



이러한 조건을 만족하려면 (*) $p_1' = mv_1 - \frac{hf}{c} - \frac{E_{12}}{c} = -mv_1$, 즉, $\frac{hf}{c} = 2mv_1 - \frac{E_{12}}{c}$ 이어야 하며, 이때 레이저 빛의 진동수(f)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{hf}{c} = 2mc \left(1 - \frac{hf}{E_{12}} \right) - \frac{E_{12}}{c} \quad \rightarrow \quad f = \frac{2mc^2 - E_{12}}{h(1 + 2mc^2/E_{12})}$$

8. 총 평

[고등학교 물리교사 A]

관측자에 따라 빛의 속력이 일정함과 수소 원자가 광원으로 다가갈 때 주기의 짧아짐을 통하여 빛에 도플러 효과에 의한 진동수의 변화를 유도할 수 있으며, 수소 원자가 빛을 흡수 할 때의 에너지 관계식과 등가속도 운동 관계식으로부터 낙하거리를 구할 수 있음. 또한, 빛의 입자성과 운동량 보존을 활용하여 수소 원자가 빛을 흡수, 방출하는 과정에서 운동량 변화량을 구할 수 있으며, 운동량의 부호를 통하여 연직 위로 운동하는 진동수 조건을 추론할 수 있음. 수소 원자의 자유낙하와 빛의 흡수, 방출 과정을 시간에 따라 정성적으로 설명할 수 있으며, 시간에 따른 변위 또는 속도의 변화를 추론하여 원자 변위가 최소화되는 조건을 구할 수 있음. 물리학 I 과 물리학 II의 교과 내용을 종합적으로 적용하면 해결할 수 있는 문제이므로 교육과정을 위배하였다고 보기 어려움.

[고등학교 물리교사 B]

관측자에 관계없이 빛의 속력이 일정함을 이용하여 광원과 관측자의 상대적인 움직임에 따른 진동수의 변화를 유도하고, 수소원자에서 바닥상태의 전자가 첫 번째 들뜬상태로 전이할 때 필요한 에너지의 진동수를 구할 수 있음. 수소원자가 빛을 흡수하거나 방출할 때 빛의 입자적인 관점에서 운동량 보존을 정량적으로 적용하고 상황에 맞는 수소원자의 움직임을 추론할 수 있음. 운동량 보존과 빛의 이중성, 빛의 입자성과 도플러 효과, 수소원자 내 에너지준위 등 물리학 I, 물리학 II의 다양한 개념을 적용한다면 충분히 해결할 수 있는 문항이라고 판단됨.

< 유사 기출 문제 >

유사문제

근거

- 새로운 유형으로 유사 기출문제를 찾을 수 없음.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 9]

1. 일반정보

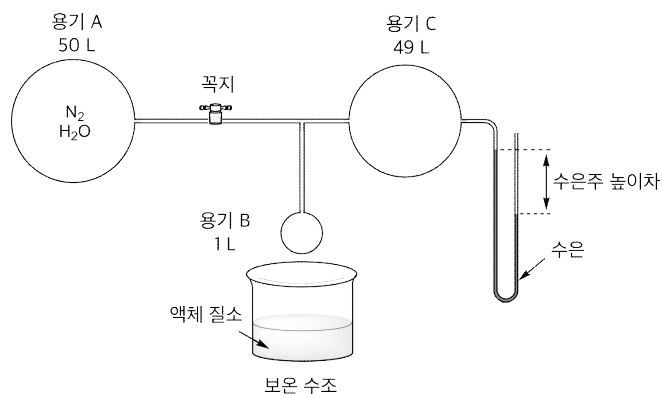
유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학II
	핵심개념 및 용어	화학 반응식, 양적 관계, 이상기체 방정식
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

하버-보쉬 법은 질소와 수소 기체를 혼합해 암모니아로 전환하는 유용한 화학반응이다. 그러나, 고온/고압의 반응 조건 때문에 엄청난 양의 천연가스를 소모하고 이 과정에서 다량의 이산화탄소를 발생시키는 등 많은 문제를 초래해왔다. 이를 해결하기 위해 카이스트의 대학원생 넙죽이는 새로운 고체 촉매와 화학 반응을 개발했다. 이 반응은 촉매 존재 하에 100% 효율로 질소 기체와 물을 반응시켜 암모니아 기체와 산소 기체를 생성한다. 아래 참고자료를 활용해 다음 물음에 답하여라. 단, 실험은 1 기압(760 mmHg), 상온에서 진행되었고, 용기 사이 연결관의 부피와 고체의 부피, 수은의 증기압은 무시한다. 모든 기체는 이상기체로 가정한다. 원자량은 수소 1, 질소 14, 산소 16 이다.

(1) 넙죽이가 개발한 반응의 화학 반응식을 써라. (1점)

(2) 넙죽이는 촉매 반응을 위해 아래 그림과 같은 실험 기구를 제작했다.



상온에서 꼭지가 닫혀있는 용기 A에 28 g의 질소, 54 g의 물, 1 mg의 촉매를 투입하여 반응을 완결했다. 꼭지를 열기 전 수은주 높이차가 76 cm 였다면, 반응이 완결된 후 꼭지를 열었을 때 수은주 높이차를 구하라. 단, 수은주의 오른쪽은 대기 중에 노출되어 있고, 상온, 1 기압 하에서 1 mol의 기체가 차지하는 부피는 20 L로 어림한다. (2 점)

- (3) (2)의 최종 상황에서 넓죽이는 용기 B의 외부를 액체 질소가 가득 담긴 보온 수조 속에 담그고, 수은주가 더는 움직이지 않을 때까지 기다렸다. 이때, 수은주의 높이차는 (2)의 최종 상황보다 커질까, 작아질까, 일정할까? 그 이유에 관해 설명하라. 액체 질소의 온도는 77 K이다. (1점)
- (4) (3)의 최종 상황에서 꼭지를 잠그고 액체 질소가 담긴 수조를 제거하였다. 용기 A, B, C의 온도가 같아졌을 때 용기 A와 용기 C 중 압력이 더 큰 용기는 어떤 쪽일까? 그 이유에 관해 설명하라. (1점)

3. 출제 의도

- (1) 임의의 화학 반응식이 주어졌을 때 반응식의 계수를 맞출 수 있다.
- (2) 화학 반응의 정량적 관계를 이해하고, 이를 바탕으로 이상기체의 압력을 계산할 수 있다.
- (3) 온도와 분자의 속도 사이의 정성적 관계를 압력의 개념으로 설명할 수 있다.
- (4) 이상기체 방정식 정의를 이해하고 적용할 수 있다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[화학 I] (1) 화학의 첫걸음 [화학 II] (3) 반응 속도와 촉매
	성취기준·성취수준	[12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 03-07] 촉매가 반응 속도를 변화시킬 수 있음을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 I] (1) 화학의 첫걸음 [화학 II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준·성취수준	[12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 01-01] 기체의 온도, 압력, 부피, 몰수 사이의 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 01-02] 이상 기체 방정식을 활용하여 기체의 분자량을 구할 수 있다.
(3)	교육과정	[화학 II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준·성취수준	[12화학 II 01-01] 기체의 온도, 압력, 부피, 몰수 사이의 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 01-03] 혼합 기체에서 몰 분율을 이용하여 분압의 의미를 설명할 수 있다.
(4)	교육과정	[화학 II] (1) 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준·성취수준	[12화학 II 01-01] 기체의 온도, 압력, 부피, 몰수 사이의 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 01-03] 혼합 기체에서 몰 분율을 이용하여 분압의 의미를 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	노태희 외	(주)천재교육	2019	30-38
	화학 I	박종석 외	비상교육	2020	34-39
	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	11-22
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	14-24
기타	EBS 개념 완성 화학 I	권기섭 외	EBS	2017	41-43
	EBS 개념 완성 화학 II	김영호 외	EBS	2020	9-10 19-20

5. 문항 해설

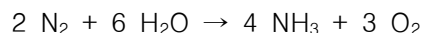
주어진 조건을 이용하여 화학 반응식을 완성하고, 온도, 부피가 달라짐에 따라 기체의 압력을 판단할 수 있는지 묻는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	· 화학 반응식을 바르게 작성하면 1점 · 화학 반응계수를 정수배로 표현하여도 정답으로 인정	1
(2)	· 꼭지를 열었을 때 내부 기체의 압력을 계산하고, 수은주의 높이 차이를 바르게 설명하면 2점 · 꼭지를 열었을 때 내부 기체의 압력만 설명하면 1점	2
(3)	· 온도가 낮아지면 내부 압력이 감소하여 수은주의 높이 차이가 커짐을 설명하면 1점	1
(4)	· 부피는 같지만 분자 수 다름을 통해 용기 B+C의 압력이 더 큼을 바르게 설명하면 1점	1

7. 예시 답안

- (1) 질소 기체의 질소 원자가 암모니아의 질소 원자로 전환되고, 물 분자의 수소 원자가 암모니아 분자의 수소 원자로 전환된다는 점을 착안하면 다음 관계를 도출할 수 있다.



- (2) N_2 와 H_2O 의 몰 질량이 각각 28 g/mol, 18 g/mol이므로 용기 A에 첨가한 양은 각각 1 mol, 3 mol이다. 반응의 효율이 100%이고 반응식에서 질소와 물 사이의 계수비가 1:3이므로, 완결 후에는 반응물이 모두 소모되어 암모니아와 산소로 전환된다. 따라서 반응 완결 후 존재하는 기체의 총 몰수 ($n_{\text{NH}_3} + n_{\text{O}_2}$)는 $2 + 1.5 = 3.5$ mol이다. 꼭지를 열기 전 수은주 높이차가 76 cm라는 것은 용기 B와 C가 진공상태임을 의미한다. 즉, 꼭지를 열면 3.5 mol의 기체가 100L의 공간에 존재하는 상황이다. 문제의 어려움에 의해 기체 1 mol이 1 기압에서 차지하는 부피가 20 L이고, 이상기체 방정식을 활용하면 기체의 압력을 구할 수 있다.

$$\frac{P_1 V_1}{n_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2}$$

$$(1 \text{ atm})(20 \text{ L}) / (1 \text{ mol}) = P_2 (100 \text{ L}) / (3.5 \text{ mol}), \therefore P_2 = 0.7 \text{ atm}$$

따라서, 최종 수은주의 높이차는 대기압 1 기압과 내부 압력 0.7 기압의 차이 값인 0.3 기압만큼이다. 0.3 기압에 해당하는 수은주의 높이차는 다음과 같은 비례식을 통해 구할 수 있다.

$$(0.3 \text{ atm})(76 \text{ cmHg} / 1 \text{ atm}) = 22.8 \text{ cmHg}$$

- (3) 용기 B를 액체 질소에 담그면 점차 열적 평형에 의해 용기 B의 온도는 액체 질소와 같아진다. 온도가 낮아지면 기체 분자의 운동이 둔해지므로 연결되어있는 용기 A-B-C 전

체의 압력이 낮아지고, 따라서 외부 대기압(1기압)과 용기 내부 사이의 압력 차이가 벌어지기 때문에 수은주의 높이차는 커지게 된다.

- (4) 용기 B를 액체 질소로 생각했을 때 낮은 온도 때문에 용기 B에 존재하는 기체 분자의 밀도는 용기 A와 C에 비해 높아진다. 따라서, 꼭지를 닫고 상온으로 온도를 올리면 연결되어 있는 용기 B와 C에 있는 기체 분자의 수가 용기 A에서보다 많아진다. 총 부피는 용기 A와 용기 B+C가 50 L로 같아서 기체 분자의 수가 더 많은 용기 B+C 쪽의 압력이 높다.

8. 총평

[고등학교 화학교사 A]

화학 반응식과 양적 관계, 이상 기체 방정식 등 학생들이 개념은 잘 이해하지만 적용에 어려움을 겪는 영역의 조합으로 대입 수학 능력 시험에서도 종종 출제되는 유형의 문항이다. 하지만 복잡한 계산 과정이 없고 정성적 이해를 기반으로 답변을 할 수 있는 수준의 문항이라 학생들은 크게 어려움을 느끼지 않았을 것으로 생각한다. 기본 개념의 조합으로 구성된 문항으로 2015 개정 교육과정 내용을 성실히 수행하였다면 해결할 수 있는 문항이라고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

화학 반응식을 이용한 양적 관계와 이상기체 방정식은 수능에서 어렵게 출제되는 경향이 있으나 본 문항에서는 제시된 숫자가 간단하고 장치도 복잡하지 않아 학생들이 결과를 도출하는데 어려움이 없었을 것으로 여겨진다. 출제자가 원하는 값을 얻어내기 위해 이상기체 방정식을 적절하게 변형할 수 있는지를 확인하는 계산 문항과 기체 분자 운동론을 제대로 이해해야 답변할 수 있는 비계산형 소문항들이 함께 제시되어 있어 개념에 대한 이해도와 응용력을 모두 평가할 수 있으며 2015 개정 교육과정 범주를 벗어나지 않는 문항이라고 생각한다.

< 유사 기출 문제 >

유사문제	2022학년도 대학수학능력시험 화학Ⅱ 18번
	2022학년도 9월 모의 평가 화학Ⅱ 18번
	2021학년도 9월 모의 평가 화학Ⅱ 20번
근거	• 주어진 물질이 화학 반응 할 때, 기체의 압력 변화

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 10]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	양자수, 이온결합, 공유결합, 중화반응, 화학 평형, 르샤틀리에 원리
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

표는 바닥 상태 원자 A~D에 대한 자료이다. l 과 m_s 는 각각 방위(부) 양자수와 스핀 자기 양자수를 가리킨다.

	A	B	C	D
$l = 0$ 인 전자 수	3	1	?	?
$l = 1$ 인 전자 수	?	?	1	7
모든 전자의 m_s 의 합	1/2	1/2	?	1/2

- (1) A ~ D의 원소는 무엇인지 답하여라. 이 원소들이 수산화기(OH)와 결합하여 만드는 수산화물의 실험식은 $A(OH)_w$ (화합물 (가)), $B(OH)_x$ (화합물 (나)), $C(OH)_y$ (화합물 (다)), $D(OH)_z$ (화합물 (라))와 같이 표기된다. 화합물 (가)~(라)의 숫자 W, X, Y, Z는 각각 얼마인가? 그 이유를 설명하시오. (2점)
- (2) 화합물 (가)의 녹는점은 735 K인데 반해, 화합물 (나)의 녹는점은 273 K으로 훨씬 낮다. 그 이유를 설명하시오. (1점)
- (3) 화합물 (가)~(다)를 1 L의 물에 각각 10 g 씩 섞어 세 종류의 용액을 만든 뒤, 이들 용액에 이산화탄소를 녹이고자 한다. 이산화탄소를 많이 녹일 수 있는 용액의 순서대로 나열하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

3. 출제 의도

- (1) 바닥 상태 원자의 전자 구조를 이용하여 족 별 가능한 화학 결합의 수를 설명할 수 있다.
- (2) 화학 결합의 종류(이온 및 공유 결합)를 구별하고 녹는점 차이를 설명할 수 있다.
- (3) 산-염기 반응에 따른 화학 평형의 이동 방향을 예측할 수 있다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[통합과학] 1. 물질과 규칙성 [화학 I] 2. 원자의 세계
	성취기준·성취수준	[10통과01-03] 세상을 이루는 물질은 원소들로 이루어져 있으며, 원소들의 성질이 주기성을 나타내는 현상을 통해 자연의 규칙성을 찾아낼 수 있다. [10통과01-04] 지구와 생명체를 구성하는 주요 원소들이 결합을 형성하는 이유와, 원소들의 성질에 따라 형성되는 결합의 종류를 추론할 수 있다. [12화학 I 02-02] 양자수와 오비탈을 이용하여 원자의 현대적 모형을 설명할 수 있다. [12화학 I 02-03] 전자 배치 규칙에 따라 원자의 전자를 오비탈에 배치할 수 있다.
(2)	교육과정	[통합과학] 1. 물질과 규칙성 [화학 I] 3. 화학결합과 분자의 세계 [화학 II] 1. 물질의 세 가지 상태와 용액
	성취기준·성취수준	[10통과01-04] 지구와 생명체를 구성하는 주요 원소들이 결합을 형성하는 이유와, 원소들의 성질에 따라 형성되는 결합의 종류를 추론할 수 있다. [10통과01-05] 인류의 생존에 필수적인 산소, 물, 소금 등이 만들어지는 결합의 차이를 알고, 각 화합물의 성질을 비교할 수 있다. [12화학 I 03-02] 이온 결합의 특성과 이온 화합물의 성질을 설명하고 예를 찾을 수 있다. [12화학 I 03-03] 공유 결합, 금속 결합의 특성을 이해하고 몇 가지 물질의 성질을 결합의 종류와 관련지어 설명할 수 있다. [12화학II 01-04] 분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계를 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	[통합과학] 3. 변화와 다양성 [화학 I] 4. 역동적인 화학 반응 [화학 II] 2. 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준·성취수준	[10통과06-03] 생활 주변의 물질들을 산과 염기로 구분할 수 있다. [12화학 I 04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르사틀리에 원리로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	심규철 외	비상교육	2022	35-49 186-187, 192
	화학 I	노태희 외	(주)천재교육	2019	68-77 110-120 173-174
	화학 I	장낙한 외	상상아카데미	2019	71-79 113-120
	화학 II	노태희 외	(주)천재교육	2019	89-102
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	96-111
기타	EBS 수능특강 화학 I	권민수 외	EBS	2022	71-78, 110-113 121-122, 129
	EBS 개념 완성 화학 II	김영호 외	EBS	2019	61-69, 77-85

5. 문항 해설

- (1) 주어진 방위 양자수와 스핀 자기 양자수를 갖는 전자의 수와 전자배치 규칙을 이용하여 바닥 상태 원자의 전자배치를 알아낸 후 원소의 종류를 판별하고, 이 원소의 원자가 전자 수를 이용하여 OH와 해당 원자와의 가능한 화학 결합수를 구할 수 있는지를 묻는 문항이다.
- (2) 원소의 종류가 금속인지 비금속인지를 구분한 후 이것과 OH와의 화학 결합이 이온 결합인지 공유 결합인지를 판단하고, 결합의 종류에 따른 물질의 성질(녹는점)을 비교할 수 있는지를 묻는 문항이다.
- (3) 화학식으로부터 물질의 액성을 판별해내고 이들이 용해 평형을 이루고 있는 용액 속에서 이산화탄소의 용해도를 르샤틀리에 원리를 적용하여 비교할 수 있는지를 묻는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	· W~Z의 값과 그 이유를 바르게 서술하면 각 0.5점씩 부여	2
(2)	· (가)와 (나)의 녹는점 차이를 화학결합의 종류를 언급하여 바르게 설명하면 1점	1
(3)	· 화합물 (가)~(다)의 액성을 바르게 서술하고 각 용액에서 이산화탄소의 용해도를 르샤틀리에의 원리를 적용하여 바르게 설명하면 2점 · 화합물 (가)~(다)의 액성을 바르게 서술했으나 각 용액에서 이산화탄소의 용해도를 르샤틀리에의 원리를 적용하여 설명하지 않으면 1점 · 화합물 (가)~(다)의 액성은 바르지 않으나 이산화탄소의 용해도 설명 시 르샤틀리에의 원리를 바르게 적용할 줄 알면 1점	2

7. 예시 답안

- (1) A의 전자배치는 $1s^2 2s^1$ 이므로 A는 **Li(리튬)**이다. Li은 1족이라 원자가 전자 수가 1개이므로 이것이 형성하는 화합물의 화학식은 LiOH이다. 따라서 **W=1**이다.
B의 전자배치는 $1s^1$ 이므로 B는 **H(수소)**이고, H는 1족이라 원자가 전자 수가 1개이므로 이것이 형성하는 화합물의 화학식은 HOH이다. 따라서 **X=1**이다.
C의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^1$ 이므로 C는 **B(붕소)**이고 B는 13족이라 원자가 전자 수가 3개이므로 이것이 형성하는 화합물의 화학식은 $B(OH)_3$ 이다. 따라서 **Y=3**이다.
D의 전자배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ 이므로 D는 **Al(알루미늄)**이고 Al은 13족이라 원자가 전자가 3개이므로 이것이 형성하는 화합물의 화학식은 $Al(OH)_3$ 이다. 따라서 **Z=3**이다.
- (2) 화합물 (가)와 화합물 (나) 모두 1족 원소의 수산화물이지만, (가)는 LiOH로 이온 결합 물질로 염으로 존재하고, (나)는 H_2O 로 공유 결합 물질로 분자로 존재한다. (가)의 녹는점은 구성 입자인 이온 사이의 인력이 강한 화학 결합이므로 녹는점이 매우 높은 편이나, (나)의 녹는점은 구성 입자인 분자 사이의 인력이 화학 결합보다는 약해 녹는점이 낮은 편이다.
- (3) 화합물 (가)인 LiOH는 물에 녹아 Li^+ 와 OH^- 로 해리되어 염기성을, 화합물 (나)인 H_2O 는 중성, 화합물 (다)인 H_3BO_3 (붕산)은 물에 녹아 약산성을 띠게 된다. 이들 (가)~(다)가 녹아있는 수용액에 물에 녹아 약산성을 띠는 이산화탄소를 첨가하면 르샤틀리에 원리에 따라 이산화탄소의 용해도는 염기성을 띠는 (가) 수용액에서는 증가하나, 산성인 (다) 수용액에서는 감소한다. 따라서, 각 용액에서의 이산화탄소 용해도 크기는 (가) > (나) > (다)의 순이다.

8. 총평

[고등학교 화학교사 A]

오비탈 전자배치, 화학 결합, 중화 반응, 르샤틀리에 원리 등 2015 개정 교육과정에서 다루는 개념으로 이루어진 문항이다. 주어진 양자수 정보를 통해 해당 원소를 찾고, 각 물질의 구조와 특성을 유추하는 것이 핵심으로, 화학에 대한 기본적인 개념과 그것을 상황에 적절하게 활용할 수 있는지를 묻는 아주 좋은 문항이라고 생각한다.

[고등학교 화학교사 B]

화학과 관련된 여러 단원, 개념이 종합된 문항으로 2015 개정 교육과정의 통합과학, 화학 I, 화학 II 내용을 잘 반영하고 있으며, 교육과정에 범위 내에서 출제된 문항으로 판단된다. 양자수와 전자배치를 이용하여 중심원자 및 화학식을 찾고, 물질의 구조와 결합 특성을 이용하여 물성을 비교해야 하며, 산-염기 반응을 이용하여 용해도까지 판단해야 하는 문항으로 종합적 사고 능력이 매우 우수한 학생을 선발하기에 적합한 문항으로 판단된다.

< 유사 기출 문제 >

유사문제	2023 EBS 수능 특강 화학I 87쪽 예제
근거	• 주어진 방위 양자수와 스핀 자기 양자수를 갖는 전자의 수와 전자배치 규칙을 이용하여 바닥 상태 원자의 전자배치를 알아낸 후 원소의 종류를 판별하는 형태가 매우 유사하다.
유사문제	EBS 개념완성 화학I 254쪽 7번
근거	• 염기성 수용액에 이산화 탄소를 첨가한 중화 반응

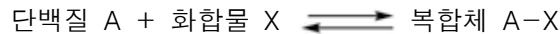
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 11]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I, 화학II
	핵심개념 및 용어	몰 질량, 평형 상수, 르사틀리에의 원리
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

카이스트의 대학원생 넙죽이는 독감 증상을 유발하는 바이러스 단백질 A에 선택적으로 결합하는 의약품 후보 물질 X를 최초로 합성했다. 몰 질량이 1500 g/mol인 단백질 A의 활성 자리에 화합물 X가 결합하여 A와 X의 복합체 A-X가 형성되면서 독감 증상이 없어지는 것을 관찰했고, 이 반응에는 평형 상수 $K=10$ 의 화학 평형이 존재함이 밝혀졌다. 다음 물음에 답하여라. 원자량은 수소 1, 탄소 12, 산소 16이다.



- (1) 실험실에서 단백질 A와 물질 X가 담긴 1 L 수용액을 만들고 평형 상태를 만들었다. 평형 상태에서 수용액에 녹아있는 A, X, A-X의 질량이 10 g, 10 g, 9 g 일 때, 의약품 후보 물질 X의 몰 질량을 구하라. (2점)
- (2) 의약품 후보 물질 X를 구성하는 원소는 탄소, 수소, 산소이고, 구성 원자들의 개수비가 탄소 : 수소 : 산소 = 1 : 2 : 1 일 때, X의 분자식을 구하라. (1점)
- (3) 실험실에서 수행한 앞선 (1), (2)의 결과를 바탕으로 임상 실험을 계획하였다. 체액 내 바이러스 단백질 A의 농도가 0.1 M인 환자에게 의약품 후보 물질 X를 투약하여 독감을 치료하고자 한다. 이 환자의 체내 단백질 A의 농도를 50% 이하로 낮추는데 필요한 물질 X를 최소량으로 투입했다면, 이때 투약 후 체액 내 X의 초기 농도를 구하여라. 투약 전후 체액 부피와 밀도의 변화는 무시한다. 투약 전 복합체 A-X의 농도는 0이다. (2점)

3. 출제 의도

- (1) 화학평형이 주어졌을 때, 평형 상수의 정의를 활용해 계산을 수행할 수 있다.
- (2) 분자를 구성하는 원자 수 비율과 분자량을 이용하여 분자식을 찾을 수 있다.
- (3) 르샤틀리에 원리를 이해하고, 평형 상수를 활용해 계산을 수행할 수 있다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1), (2)	교육과정	[화학 I] 1. 화학의 첫걸음 [화학 II] 2. 반응엔탈피와 화학평형
	성취기준·성취수준	[12화학 I 01-03] 아보가드로수와 몰의 의미를 이해하고, 고체, 액체, 기체 물질 1 몰의 양을 어렵하고 체험할 수 있다 [12화학 I 01-04] 여러 가지 반응을 화학 반응식으로 나타내고 이를 이용해서 화학 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학 II 02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 I] 1. 화학의 첫걸음 [화학 II] 2. 반응엔탈피와 화학평형
	성취기준·성취수준	[12화학 I 01-05] 용액의 농도를 몰 농도로 표현할 수 있다. [12화학 II 02-03] 가역 반응에서 동적 평형을 이해하고, 평형 상수를 이용해서 반응의 진행 방향을 예측할 수 있다. [12화학 II 02-04] 농도, 압력, 온도 변화에 따른 화학 평형의 이동을 관찰하고 르샤틀리에 원리로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	화학 I	박종석 외	비상교육	2020	27-45
	화학 I	장낙한 외	상상아카데미	2019	30-52
	화학 II	박종석 외	비상교육	2020	77-90
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	95-111
기타	수능완성 화학 I	EBS	EBS	2022	7, 15, 22
	수능완성 화학 II	EBS	EBS	2022	61

5. 문항 해설

- (1) 평형 상수의 개념, 몰 농도와 몰 질량의 관계를 이해하고 있는지를 묻는 문항이다. 평형 상수가 반응물과 생성물의 몰 농도로 나타내고, 각 몰 농도를 전체 부피가 1L라 했으므로 몰 질량의 비로 표현할 수 있어 물질 X의 몰 질량을 구할 수 있다.
- (2) 원자량과 분자량의 관계에 대한 이해를 묻는 문항이다. 주어진 분자를 구성하는 각 원자의 비를 이용하여 그 합을 구하고, (1)에서 구한 몰 질량을 이용하여 그 비를 구하면 분자식을 구할 수 있다.
- (3) 르샤틀리에의 원리에 따르면 반응물 물질 X를 투입하면 정반응이 진행되어 단백질 A의 농도가 감소한다. 이때, 투약 전후 체액의 부피, 밀도 변화를 무시할 수 있다고 했고, 단백질 A의 농도가 0.1M에서 0.05M로 감소한다고 했으므로 평형 상수와 알고 있는 물질의 농도를 이용하여 투약 농도를 결정하는 문항이다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	· 물질 X의 몰 질량을 구하는 과정과 결과를 바르게 설명하면 2점 · 물질 X의 몰 질량을 정량적으로 바르게 구하지 않았더라도, 평형 상수의 관계식을 바르게 이해하고 있고 구하는 과정을 적절히 설명하면 1점	2
(2)	· 물질 X의 분자식을 바르게 구하면 1점	1
(3)	· 체액에 투입한 물질 X의 초기 농도를 구하는 과정과 결과를 바르게 설명하면 2점 · 물질 X의 초기 농도를 정량적으로 바르게 구하지 못했더라도, 반응물과 생성물의 증감, 반응의 진행 방향 등 물질 X의 초기 농도를 구하는 과정에 대한 전반적인 설명을 바르게 하면 1점	2

7. 예시 답안

- (1) 평형 상수의 정의와 수용액의 부피 $V = 1\text{ L}$ 라는 점을 착안해 평형 상태에서 A, X, A-X 각각의 몰수 n 은 질량과 몰 질량의 관계식으로 나타낼 수 있다. 이때, 의약품 후보 물질의 몰 질량을 Mw_X 라고 할 때, 복합체 A-X의 몰 질량은 $(1500 + Mw_X)$ 이고, 이를 평형 상수 관계식에 대입하면 $Mw_X = 120\text{ g/mol}$ 을 구할 수 있다.
- (2) 분자를 구성하는 원자들의 원자량 총합이 분자량과 같다는 관계를 활용하여 최종 분자식 및 원자간 몰 비를 도출하면 X의 분자식은 $C_4H_8O_4$ 이다.
- (3) 르샤틀리에 원리에 의해 X의 농도가 증가할수록 화학 평형이 정반응 쪽으로 이동한다. 따라서, X를 많이 투약할수록 체내 A의 농도는 감소한다. A의 농도가 초기 농도 (0.1 M)의 50%인 0.05 M이 되는 데 필요한 X의 최소 농도 $[X]_0$ 는 평형 반응 관계식을 통해 구할 수 있다. X의 투약을 통해 환자 체내의 초기 X 농도가 0.15 M이 된다면, 0.1 M의 단백질 A의 절반인 0.05M이 복합체 A-X로 전환된다.

8. 총평

[고등학교 화학교사 A]

몰 질량과 몰 농도, 화학 평형 및 평형 상수, 화학 반응식과 양적 관계 등 2015 개정 교육과정의 화학 I, II 내용을 잘 반영하고 있으며, 교육과정을 성실히 학습하고 여러 상황으로 고민해 본 학생들이라면 충분히 해결할 수 있는 문항으로 생각된다. 학생들의 개념 학습이 각 단원별로는 잘 되어 있지만 이들을 조합했을 때 다소 새로운 문항이 될 수 있으며, 복잡한 계산 과정 없이 화학 평형이라는 가장 기본적인 상황을 약물의 투입 및 치료라는 새로운 상황으로 주어 결코 가볍게 접근할 수 있지 않은 문항으로 판단되어 사고력이 우수한 학생을 선발하는 데 적합한 문항으로 생각된다.

[고등학교 화학교사 B]

학생들이 어려워하는 화학 평형의 개념을 다루며, 화학 II 내용에 대한 이해도를 묻고 있다고 생각한다. 학생들 입장에서는 다소 생소한 화학 반응식과 큰 분자량을 제시되었으며, 주어진 지문에서 화학적 개념을 찾아낼 수 있는지 평가하고 있다고 생각한다. 복잡한 계산을 요구하지 않으나 문해력이 낮은 학생들은 어려움을 느꼈을 것으로 생각한다. 2015 개정 교육과정 화학 I, II의 개념을 적용할 수 있는지 물음으로서 학생들의 화학에 대한 이해도를 판단하기에 훌륭한 문항이라 생각한다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2023학년도 EBS 수능완성 12쪽 2번, 3번
근거	밀도비를 이용하여 화학식을 추론하여 문제를 해결하는 과정 유사
유사문제	비상교육 화학 II 2. 화학 평형과 평형이동(80쪽~81쪽) 예제
근거	- 평형 상수가 반응물, 생성물의 관계에 대한 예제로 매우 유사한 형태의 문항 - 르샤틀리에의 원리를 이용하여 물질의 이동, 양적 관계에 대한 설명
유사문제	2023학년도 9월 수능 모의 평가 화학 II 16번
근거	평형 상수와 물질의 농도(압력)과의 관계를 이용하여 문제를 해결하는 과정 유사

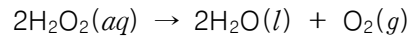
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 12]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(화학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 화학 I, 화학 II
	핵심개념 및 용어	1차 반응, 반감기, 촉매, 엔탈피, 전기분해
예상 소요 시간	10분	

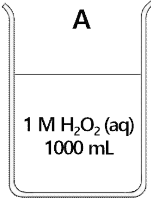
2. 문항 및 제시문

과산화수소는 좋은 산화제이며 세균이나 바이러스 등을 죽이는 살균제로 활용된다. 하지만 체내에 과산화수소가 일정량 이상 존재할 경우 신진대사에 필수적인 생체물질까지 산화되어 우리 몸의 노화가 유발될 수 있다. 우리 몸은 과산화수소의 체내 축적을 방지하기 위해 카탈라제(catalase)라는 효소를 이용하여 아래와 같은 반응을 촉진한다.



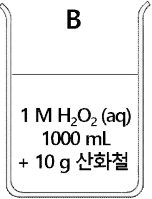
- (1) 반응 용기 A ~ C에 1 M 과산화수소 수용액 1 L를 각각 넣고, B에는 10 g의 산화철 촉매를, C에는 1 mg의 카탈라제를 더 넣었다. 이후 일정량의 과산화수소가 소모될 때까지의 반응 시간을 측정하여 아래 표에 나타내었다.

A



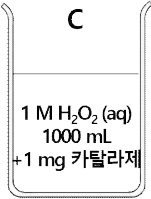
1 M H₂O₂ (aq)
1000 mL

B



1 M H₂O₂ (aq)
1000 mL
+ 10 g 산화철

C



1 M H₂O₂ (aq)
1000 mL
+ 1 mg 카탈라제

[반응 시작 시 조건]

과산화수소 농도 (M)	1	0.5	0.25	0.125
A의 반응 시간 (초)	0	1000	2000	3000
B의 반응 시간 (초)	0	500	1000	1500
C의 반응 시간 (초)	0	1×10^{-7}	2×10^{-7}	3×10^{-7}

각 용기에서 일어난 과산화수소 분해 반응의 반응 차수는 얼마인가? 또한, 촉매가 없을 때에 비해 산화철 촉매와 카탈라제 효소가 각각 반응 속도를 몇 배 높였는가? 이를 위해 초기 과산화수소의 농도가 반이 되는 동안의 평균 반응 속도를 비교하여라. (2점)

- (2) 반응 용기 A~C를 열량계에 넣고 반응이 시작된 뒤 2000초가 지난 뒤 각 용액 온도를 측정하였다면, 어느 용기 용액의 온도가 가장 낮을지 고르고 그 이유를 설명하시오. (각 화학 결합 에너지는 아래와 같고, $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 기화열은 같다. 열량계 부피는 충분히 커서 발생한 산소는 용액 내 반응 속도에 영향을 주지 않았다.) (2점)

결합	H-H	H-O	O-O	O=O
결합 에너지 (kJ/mol)	440	460	180	500

- (3) A의 용액을 전기 분해한다면 양극과 음극에서 각각 어떠한 반응이 일어나는지 화학 반응식을 서술하시오. 전기 분해를 위해 A에 전해질을 넣어주었고, 물이 전기 분해되지 않는 조건에서 실험이 진행되었다. (1점)

3. 출제 의도

- (1) 반감기를 통해 반응속도 차수를 결정할 수 있고, 1차 반응의 반응 속도 상수와 반감기 간의 관계를 이해한다.
- (2) 결합 에너지의 정의를 이용해 반응 엔탈피를 구할 수 있다. 반응 엔탈피는 촉매 작용과 무관하게 결정되나 반응의 진행 정도에 따른 발열 정도가 달라짐을 이해한다.
- (3) 과산화수소 분해 반응이 산화-환원 반응임을 이해하고 이를 전기 분해할 시 산화 반응과 환원 반응을 구분하고 각각의 생성물을 예측할 수 있다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		예) 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	[통합과학] 6. 화학 변화 [화학 II] 3. 반응 속도와 촉매
	성취기준·성취수준	[10통과06-02] 생명 현상 및 일상생활에서 일어나고 있는 다양한 변화의 이유를 산화와 환원에서 나타나는 규칙성과 특성 측면에서 파악하여 분석할 수 있다. [12화학 II 03-01] 화학 반응의 속도가 다양하다는 것을 알고, 화학 반응 속도를 계산할 수 있다. [12화학 II 03-02] 자료 해석을 통하여 반응 속도식을 구할 수 있다. [12화학 II 03-03] 1차 반응의 반감기를 구할 수 있다. [12화학 II 03-07] 촉매가 반응 속도를 변화시킬 수 있음을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	[화학 I] 4. 역동적인 화학 반응 [화학 II] 2. 반응 엔탈피와 화학 평형
	성취기준·성취수준	[12화학 I 04-06] 화학 반응에서 열의 출입을 측정하는 실험을 수행할 수 있다. [12화학 II 02-02] 엔탈피와 결합 에너지의 관계를 이해하고, 헤스 법칙을 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	[화학 II] 4. 전기 화학과 이용
	성취기준·성취수준	[12화학 II 04-02] 전기 분해의 원리를 산화 환원 반응으로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	심규철	비상교육	2022	179~183
	화학 I	박종석 외	비상교육	2020	172~175
	화학 I	장낙한 외	상상아카데미	2019	192~195
	화학 II	박종석 외	비상교육	2020	61~63 123~125 172~173
	화학 II	장낙한 외	상상아카데미	2019	88~91 144~155 203~205
기타	수능완성 화학 I	EBS	EBS	2022	112
	수능완성 화학 II	EBS	EBS	2022	45, 86~87 107

5. 문항 해설

- (1) 반응물의 양에 따른 각 상황에서의 반응 시간이 주어져 있어 반응 속도식을 유추할 수 있으며, 물질의 농도가 1/2이 되는 시간을 주어졌기에 반감기, 반응 차수를 유추할 수 있다. 따라서 1차 반응 속도식의 기본 개념을 묻는 문항이다.
- (2) 결합 에너지를 이용하여 반응 엔탈피를 구할 수 있다. 또한 촉매는 직접적으로 반응 엔탈피에 영향을 주지는 않으나 반응 진행 정도에 영향을 주게 되어 각 상황에 따라 물질의 반응 정도를 파악하고 방출된 열의 양을 비교하는 문항이다.
- (3) 과산화수소의 분해 반응이 산화-환원 반응임을 파악하여 전기 분해하는 동안 각 전극에서 발생하는 물질의 종류를 구분하는 문항이다. 전기 분해에서는 산화 전극이 양극, 환원 전극이 음극임을 이해하고 있어야 한다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	- 반응 차수와 반응 속도를 바르게 비교하면 각각 1점 - 반응 차수는 A, B, C에서 반감기가 일정함을 이용하여 반응 차수가 1차임을 설명하면 정답 - 평균 반응 속도를 구하거나 과산화수소의 농도가 같을 때까지 걸리는 시간을 이용하여 2배, 10^{10}배임을 설명하면 정답	2
(2)	- 과산화수소 분해 반응이 발열 반응이고 A의 온도가 가장 낮음을 설명하면 각각 1점 - 결합에너지를 이용하여 반응엔탈피가 음수 또는 발열 반응임을 설명하면 정답 - 일정한 반응 시간 동안 A에서 과산화수소가 가장 적게 반응하여 온도가 낮음을 설명하면 정답	2
(3)	양극(산화전극)과 음극(환원전극)에서 일어나는 화학 반응식을 바르게 작성하면 1점	1

7. 예시 답안

(1) 반응 시간에 따른 반응물의 양을 비교하여 주어진 표로부터 반감기를 예측하고, 1차 반응의 경우 반감기가 일정함을 이용해 A, B, C 세 용기 모두 1차 반응임을 알아낸다.

첫 반감기까지의 평균 반응 속도 비율을 이용해 산화철 촉매는 과산화수소 분해 반응을 2배, 카탈라제 효소는 반응 속도를 10^{10} 배 빠르게 높임을 알아낸다.

(2) 반응의 반감기를 이용해 주어진 반응 시간 동안 반응이 진행된 정도를 비교하여 A의 용기에서 반응이 가장 덜 진행되었고 C는 가장 많이 진행되었음을 이해한다. 결합 에너지를 이용해 반응 엔탈피를 구해 발열 반응임을 알아내거나, 생성물이 반응물보다 안정한 분자임을 이용해 발열 반응임을 알아낸다. 따라서 반응이 가장 덜 진행된 용기 A의 온도가 가장 낮다.

(3) 주어진 반응이 이미 산화-환원 반응을 포함하고 있음을 인지하고 전기 분해할 때 각 반응이 양극(산화전극)과 음극(환원전극)에서 일어남을 이해하고 생성물을 알아낸다. 양극에서는 산소 기체, 음극에서는 물이 생성되는 화학 반응식을 작성한다.

8. 총평

[고등학교 화학교사 A]

반응 속도, 반응 엔탈피, 전기분해 등 여러 개념이 융합된 문항으로 2015 개정 교육과정의 화학 I, 화학 II 내용을 잘 반영하고 있으며, 교육과정에 매우 부합하는 문항이다. 각 단원의 주요 개념이 묶어서 출제되어 학생들이 보다 정확한 개념을 이해하고 있어야 충분히 활용하여 문제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 단순히 화학적인 상황이 아닌 생명과학과 관련된 내용을 제시함으로써 학생들에게 복합적인 사고를 요구하고 있어 과학적 사고력이 우수한 학생을 선발하기 적합한 문항으로 판단된다.

[고등학교 화학교사 B]

2015 개정 교육과정 수준을 벗어나지 않으며 화학 II 영역의 학습이 잘 이루어졌는지 평가할 수 있는 문항이라고 생각한다. 특히, 반응 속도와 전기 분해 영역은 학생들이 상당한 어려움을 겪는 영역으로 이 부분의 학습이 미흡한 학생들은 당혹감을 느꼈을 것으로 생각한다. 또, (1) 문항에서 표의 해석, (3) 문항에서 전기 분해와 산화-환원 개념의 연결시킬 수 있는지 물음으로서 학생의 자료 해석 능력과 개념의 숙지 정도를 파악할 수 있는 훌륭한 문항이라고 생각한다. 다양한 단원에서 학습하는 개념을 종합적으로 적용할 수 있는지 물음으로써 변별도까지 갖추었다고 생각한다.

< 유사 기출 문제 >

유사문제	2023학년도 9월 수능 모의 평가 화학 II 14번, 19번
근거	• 평균 반응속도 비교 • 1차 반응속도와 반감기
유사문제	2023학년도 대학수학능력시험 화학 II 13번
근거	• 결합에너지와 반응 엔탈피의 관계
유사문제	2023학년도 대학수학능력시험 화학 II 10번
근거	• 전기 분해 시 양극과 음극에서 생성되는 물질 추론 과정

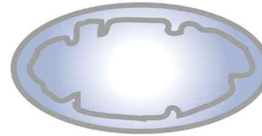
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 13]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	세포 호흡, 세포 분획법, 흥분의 전도, 유전자 발현 조절, 유전자 치료
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

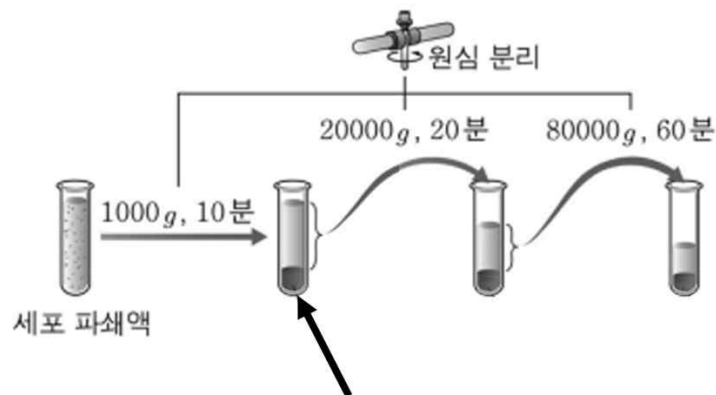
- (1) 정상인의 신경세포에 존재하는 미토콘드리아는 아래 왼쪽 그림과 같다. 이와 대조적으로 상염색체에 위치한 유전자 X의 돌연변이에 의해 생기는 유전병을 앓고 있는 환자 신경세포의 미토콘드리아는 오른쪽 그림과 같은 모양을 보인다.



정상 신경세포의 미토콘드리아 유전병 환자 신경세포의 미토콘드리아

이 유전병 환자 신경세포의 흥분 전도 효율이 정상 신경세포의 흥분전도 효율과 비교해 어떤 차이를 보일지 예측하고 근거를 설명하시오 (1점).

- (2) 과학자들은 유전자 X가 무엇인지 추적하는데 성공하였다. 유전자 X로부터 발현되는 단백질 X의 세포내 위치를 분석하기 위하여 정상 신경세포를 파쇄하여 아래와 같은 세포 분획실험을 수행하였다. 단백질 X는 화살표로 표시된 첫 번째 원심분리의 침전에서만 검출되었고 다른 분획물에는 발견되지 않았다.



단백질 X의 기능을 예측하고 근거를 설명하시오 (2점).

-
- (3) 최근 생명공학의 발전으로 미토콘드리아를 순수 분리하여 원하는 세포 내부로 미세 주입하는 [미토콘드리아 이식기술]이 가능해졌다. 미토콘드리아 주입 기술을 활용하여 정상인의 미토콘드리아를 환자의 신경세포에 미세 주입함으로써 이 유전병을 치료하고자 한다.

미토콘드리아 미세 주입 후 6개월 후 유전병 치료 여부를 예측하고 그 이유를 설명하시오 (1점).

3. 출제 의도

- (1) 미토콘드리아의 모양과 기능의 중요성을 이해함.
- (2) 신경세포의 흥분 자극 전달의 기본개념을 평가함.
- (3) 세포분획의 기본 원리와 핵의 역할의 중요성을 종합적으로 평가함.
- (4) 진핵세포의 전사조절의 기본 개념을 평가함.
- (5) 생명과학 실험의 전개와 과학적 추론능력을 평가함.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	생명과학 I . 항상성과 몸의 조절 생명과학 II . 세포 호흡과 광합성
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 03-01] 미토콘드리아와 엽록체의 구조와 기능을 이해하고, 두 세포 소기관을 비교하여 공통점과 차이점을 설명할 수 있다. [12생과 II 03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II . 생명과학의 역사 생명과학 II . 유전자의 발현과 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 II 01-02] 생명과학 발달에 기여한 주요 발견들에 사용된 연구 방법들을 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 04-05] 원핵생물과 진핵생물의 전사 조절 과정을 비교하여 설명할 수 있다.
(3)	교육과정	생명과학 II . 생명과학의 역사
	성취기준·성취수준	[12생과 II 06-03] 단일클론항체, 유전자 치료, 줄기세포를 난치병 치료에 적용한 사례를 이해하고, 이러한 치료법의 전망에 대해 토의할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	59-64
	생명과학 II	이준규 외	천재교육	2021	35-38 70-76 131-136
기타					

5. 문항 해설

본 문항에서는 세포호흡 과정에서 만들어지는 에너지를 바탕으로 이루어지는 신호의 전도 과정과 진핵 세포의 전사 조절 과정, 세포 분획법을 통한 세포 소기관의 연구 과정, 유전자 치료의 기본 원리를 이해하고 있는지를 묻고 있다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

7. 예시 답안

(1) 정상 신경세포에 비교하여 환자의 신경세포의 흥분 전도 효율은 느려진다. 환자 신경세포의 정상 신경세포와 비교해 미토콘드리아의 내막 표면적 줄어들어 ATP 생산이 저하되며, 이로 인해 ATP 의존적인 Na이온-K이온 농도구배 형성과 조절에 문제가 발생하기 때문이다.

(2) 단백질X가 핵 분획에 위치하므로, 미토콘드리아에 직접 작용하는 단백질이 아니라 미토콘드리아 내막의 주름을 형성을 간접적으로 조절하는 전사인자를 포함한 핵 단백질일 것이다.

(3) 유전병 치료가 불가능하다. 그 이유는 주입한 정상 미토콘드리아가 환자의 세포 내부에서 증식 및 복제될 때 필요한 내막 형성 조절 단백질이 정상적으로 제공되지 않아 점차 환자 신경세포 미토콘드리아와 유사한 모양을 가질 것이기 때문이다.

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

생명과학 과목 전반에 걸친 이해를 필요로 하는 문항으로 생명과학 I의 자극의 전달 단원에서 다루는 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프에 의한 휴지 전위의 형성 과정, 생명과학 II에서 다루고 있는 세포 분획법을 통한 세포 소기관의 연구 과정, 미토콘드리아의 내막에서 일어나는 산화적 인산화의 원리, 유전자 치료의 원리와 한계점을 이해하고 활용할 수 있는지 학생에게 질문하고 있다. 문제 상황을 해결하기 위하여 한 단원이나 지엽적인 내용에 치우친 단편적인 지식이 아니라 각 단원의 핵심적인 내용에 대한 이해를 바탕으로 융합적인 사고를 학생에게 요구하고 있고, 미토콘드리아 내막의 표면적 감소에 의한 산화적 인산화 효율 감소, 전사 인자와 유전자의 미발현 등 세포에서 정상적인 기능이 작동하지 않을 때 나타날 수 있는 상황을 제시하고 있기에 단답식 문제 풀이에 익숙한 학생이 처음 문제를 접하면 당황할 수도 있을 것이라 생각된다. 그러나 각각의 소문항은 질문이 명확하고 질문의 해결에 필요한 배경 지식도 수업 시간에 중점적으로 다루고 있는 내용들이기에 충실하게 고교 과정을 이수한 학생이라면 충분히 해결할 수 있는 문항이라 생각된다. 때문에 해당 문항은 선행 학습을 유발하지 않는다고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

(1) 소문항은 미토콘드리아 내막의 주름진 구조인 크리스테는 세포 소기관의 특징에서 배우는 항목이고, 유전병으로 인해 미토콘드리아의 내막 주름 형성이 되지 않음을 문제에서 제시했기 때문에 미토콘드리아 내막에서 산화적 인산화가 일어남을 알고 있으므로 ATP 합성 효율이 낮아짐을 충분히 쉽게 유추할 수 있을 것으로 보인다. 또한, ATP가 적게 만들어지면 신경세포에서 흥분의 전도에서 신경세포 내부와 외부의 나트륨 이온과 칼륨 이온의 농도구배를 형성하기 위한 능동수송이 되지 않음을 유추할 수 있다.

(2) 소문항은 생물의 연구 방법 중에 원심분리기를 활용하여 세포소기관의 구조와 기능을 연구하는 방법인 세포분획법 자료를 활용하였고, 이는 생명과학 II의 세포의 특성에서 다루는 내용이므로 핵에서 단백질 산물이 확인됨을 유추할 수 있다. 하지만 단백질 산물이 미토콘드리아의 내막의 주름을 형성하는데 작용하기 위해서 직접 미토콘드리아로 이동한 것이 없다는 것은 핵 내의 다양한 유전자를 조절하여 미토콘드리아에 영향을 미침을 유추 해야한다. 생명과학II에서는 다루지 않지만 문제 조건을 확인해보면 진핵생물의 유전자 발현조절에서 유전자의 단백질 산물이 다른 유전자의 전사조절인자로 작용함을 학생들이 알고 있기 때문에 문제에 적용하여 유추한다면 추론이 불가능하진 않다고 생각한다.

(3) 소문항에서 미토콘드리아 이식기술은 생명과학II의 생명공학 단원에서 다루는 내용이 아니지만, 미토콘드리아를 세포 내에 주입하는 방법임을 문제에서 제시하여 알려주었고, 미토콘드리아를 주입하고 6개월 뒤에 정상적으로 미토콘드리아의 주름이 형성될 수 있을지를 추론하는 문제인데,

앞의 2번 문제와의 연계성이 있는 문제로 두 문제를 융합하여 사고하는지 묻는 문항이다. 이는 새로운 자연현상에 대해서 생명과학에 대한 이해와 지식을 바탕으로 합리적인 추론이 가능한지를 묻는 문항이라서 학생들에게 생소할 것으로 예상된다. 하지만 미토콘드리아가 이분법으로 분열하여 크리스테 구조를 형성하기 위해서 주름을 형성을 명령할 수 있는 단백질 전사인자가 정상이 아니기 때문에 점차 미토콘드리아의 내막의 주름이 제대로 형성되지 못할 수 있음을 추론할 수 있을 것으로 보인다.

생명과학 I과 생명과학 II를 충분히 학습한 학습자라면 모든 소문항에서 문제를 해결하기 위해서 유추할 수 있는 방법이 있기에 선행학습을 유발할 요인이 없다고 생각한다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학Ⅱ 5강 3점 수능 테스트 1번
근거	• 미토콘드리아와 엽록체의 구조를 바탕으로 전자 전달과 ATP 합성에 대한 개념을 평가하고 있음. • 미토콘드리아 내막 구조와 산화적 인산화, ATP의 합성을 연결지을 수 있어야 하기에 유사 기출 문제와 본 문항에서 질문하고자 하는 핵심 개념이 유사함.
유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학Ⅱ 12강 2점 수능 테스트 4번
근거	• 유전자 치료 과정과 결과에 대한 이해를 평가하고 있음. • 유전자 치료는 체세포에 대한 치료이기에 그 결과가 영속적일 수 없음을 이해하고 있는지 질문하고 있어 본 문항에서 평가하고자 하는 핵심 개념과 유사함.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 14]

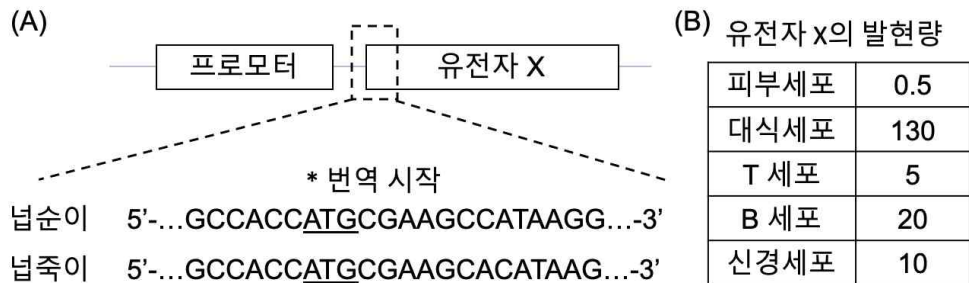
1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	특이적 방어작용, 단일 클론 항체
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

카이스트 생명과학과 학생인 넙죽이와 넙순이는 스트레스가 생쥐의 섭식 행동에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행했다. 그런데 넙죽이와 넙순이는 생쥐를 다루는데 서툴렀고, 이로 인해 생쥐들도 스트레스를 받아 넙죽이와 넙순이의 손가락을 물었다. 생쥐에 물린 직후 두 학생의 물린 손가락에서 피가 나고 빨갛게 부어올랐다. 며칠 후 넙순이는 건강에 큰 문제없이 약간의 감기 증상을 겪고 회복했지만, 넙죽이는 물린 다음날부터 고열과 오한이 났고 호흡곤란 증상까지 생겨서 병원에 입원하여 2주의 집중치료를 받고 퇴원했다.

(1) 넙죽이와 넙순이를 진료한 카이스트 클리닉의 의사인 카이는 생쥐에 물린 넙죽이와 넙순이의 반응이 왜 다른지 연구를 하기로 마음먹고, 먼저 넙죽이와 넙순이의 혈액세포를 분리해서 유전자 염기서열 분석해 보았다. 그 결과 유전자 X에서 아래와 같은 염기서열의 차이를 발견했다 (그림 A). 또, 카이는 이전에 발표된 논문들을 조사하여 유전자 X의 세포별 발현 양상이 표 (B) 와 같다는 것도 알게 되었다. 이 결과들을 종합해 유전자 X가 만드는 단백질의 기능은 무엇인지 유추하고, 이에 근거해 넙순이와 넙죽이의 회복 양상이 다른 이유를 설명하시오. 이 문제의 유전자 X는 문제1에서 나오는 유전자 X와는 무관한 유전자임. (2점)



(2) 카이는 더 나아가 카이스트 전체 학생(약 1만명)의 혈액 샘플을 확보해 유전자 X의 염기 서열을 분석해 보았고, 2%의 학생(약 200명)의 샘플에서 넵죽이의 경우와 동일한 돌연변이를 발견했다. 카이는 넵죽이에게 나타난 심각한 증상이 이 200명의 학생에서도 생길 수 있다고 예상하여, 이들 학생들에게 적용할 항체 치료제를 별다른 증상을 보이지 않은 넵순이의 혈액을 이용해 미리 만들어놓기로 했다. 결국, 카이는 넵순이의 혈액에서 생쥐로부터 침입한 병원체에 대한 항체를 분리하는데 성공하였는데, 문제는 확보한 넵순이의 혈액으로는 200명에 치료에 필요한 충분한 항체를 얻을 수 없었다. 카이가 어떻게 하면 이 상황에서 충분한 치료용 항체를 확보할 수 있을지 방안을 제시해보시오. (1점)

3. 출제 의도

- 병원체에 대항하는 우리 몸의 비특이적, 특이적 방어기작을 이해하는지 평가하고자 함.
- 현대 생명 공학 기술로 세포 융합을 통한 단일클로 항체 제작 과정을 이해하고 있는 지 평가하고자 함.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	생명과학 I . 항상성과 몸의 조절
	성취기준· 성취수준	[12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용과 비특이적 방어 작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 I 03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II . 생명 공학 기술과 인간 생활
	성취기준· 성취수준	[12생과 II 06-02] 핵치환, 조직 배양, 세포 융합의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 06-03] 단일클론항체, 유전자 치료, 줄기세포를 난치병 치료에 적용한 사례를 이해하고, 이러한 치료법의 전망에 대해 토의할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	92-103
	생명과학 II	이준규 외	천재교육	2021	189-202
기타					

5. 문항 해설

본 문항에서는 인체의 방어 작용과 생명 공학 기술에 대해 다루고 있으며 내용적으로 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용의 관계 및 단일 클론 항체의 원리에 대하여 학생이 이해하고 이를 실제 문제 상황에 적용할 수 있는지를 묻고 있다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

7. 예시 답안

(1) (A)의 그림을 보면 넵죽이의 유전자 X 염기서열을 보면 번역 시작 코돈 ATG 이후 추가 염기(A)의 삽입으로 인해 mRNA 번역 과정에서 아미노산 종류가 크게 변화하고, 종결 코돈의 위치가 변화하여 번역이 조기 종결될 것이다. 따라서 넵죽이의 세포에서는 유전자 X가 생성하는 단백질 X가 제대로 생성되지 못할 것이다.

(B)의 표에서 유전자 X의 발현양상을 살펴보면 면역세포 중 대식세포에서 강하게 발현되고 있는 것을 알 수 있다.

넵순이는 초기 국소 염증반응 이후 후천성 면역 반응이 잘 일어났기 때문에 세포독성 T 세포와 B 세포에서 나오는 항체의 작용을 병원체를 효과적으로 물리쳤지만, 넵죽이는 후천성 면역 반응이 제대로 일어나지 않아 병원체를 효과적으로 제거하지 못하고 과도한 선천성 면역 반응으로 인해 병원에 입원하여 집중치료가 필요하였을 것이다.

이를 종합하면, 유전자 X는 대식세포에서 주로 발현하여 후천성 면역반응을 일으키는 T 세포, B 세포에 항원을 제시하는 과정에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

(2) 넵순이의 혈액에서 분리한 항체를 생성하는 B 림프구를 분리한 후 암세포와 세포 융합하여 반영구적으로 병원체를 치료할 수 있는 항체를 생산하는 잡종 세포를 제작한다. 만들어진 잡종세포를 분리 배양해서 병원체에 대항하는 단일클론 항체를 분리하여 대량의 치료제를 만든다.

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항에 제시된 문제 상황을 해결하기 위해서는 생명과학 I 항상성과 몸의 조절 단원에서 다루어지는 특이적 방어 작용의 과정과 생명과학 II 생명 공학 기술과 인간 생활 단원의 단일 클론 항체의 원리에 대한 이해가 필요하다. 각각의 개념은 학교 현장에서 진행되는 수업 시간에 해당 단원의 핵심적인 개념으로 비중있게 다루어지는 내용이기 때문에 고등학교 생명과학 교육 과정을 이수하고 대입을 준비하는 학생이라면 인체의 방어 작용과 생명 공학 기술에 대한 이론적 내용을 바탕으로 무난하게 해결할 수 있는 문항이라고 생각된다. 그러나 실제 상황을 가정하여 구체적인 상황과 데이터를 제시하고 있어 현상에 대한 해석과 해결 방안의 고안을 필요로 하기에 이론적 배경지식뿐만 아니라 독해 능력, 데이터 해석 능력, 논리적 추론 능력 등 다양한 역량이 학생에게 요구되기에 이와 관련된 연습이 되어 있지 않다면 문제를 해결하는 데 있어 어려움을 겪을 수 있을 것이다. 하지만 교육 과정에서 다루고 있는 개념과 용어를 바탕으로 충분히 문제를 해결할 수 있기에, 본 문항은 선행학습을 유발하지 않는다고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

(1)번 소문항은 생명과학I에서 학습하는 전사와 번역에 대한 자료와 생명과학 I에서 학습하는 인체의 방어 작용을 융합한 문항으로 두 단원의 융합이 학생들에게는 낯설 수 있지만, 생명과학을 충분히 학습했다면 크게 어려움이 없을 것으로 보인다. 염기의 삽입 또는 결실로 아미노산 서열이 크게 변화함을 수능과 EBS 문제로 많이 볼 수 있는 문제여서 쉽게 추론 할 수 있을 것으로 판단되고, 단백질 X의 세포별 발현 자료를 참고하면 대식세포에서 발현량이 많음을 보고 면역계와 관련됨을 유추할 수 있다. 또한, 대식세포는 선천성 면역에 관여하고, 넵순이와 넵죽이의 회복력을 파악하여 아팠던 넵죽이가 선천성 면역에서 후천성 면역으로의 연계가 되지 않음을 추론할 수 있다. 또한 (2)소문항에서 치료용 항체를 생성하기 위해서 생명과학II에서 학습하는 단일클론 항체를 쉽게 추론할 수 있다. 따라서 생명과학 I과 생명과학II를 종합적으로 심도있게 학습한 학생이라면 충분히 풀 수 있을 것으로 예상되어 선행학습을 유발한다고 볼 수 없다.

< 유사 기출 문제 >

유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 I 7강 3점 수능 테스트 5번
근거	- 세균에 대한 방어 작용에서 대식 세포와 보조 T 림프구의 역할을 이해하고 있는지 평가하고 있음. - 대식 세포가 결핍되었을 때 나타나는 결과를 그래프로 제시하며 특이적 방어 작용에서 대식 세포의 역할을 질문하는 등 본 문항에서 요구하는 핵심 개념과 유사함.
유사문제	EBS 2022학년도 수능특강 생명과학 II 12강 2점 수능 테스트 9번
근거	- 단일 클론 항체의 생산 과정에 대한 이해를 평가하고 있음. - 단일 클론 항체를 통해 대량의 항암제를 제작하는 과정에 관한 질문은 본 문항에서 치료제를 제작하는 질문과 유사함.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 15]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학2
	핵심개념 및 용어	유전자 발현(전사, 번역), 코돈, 안티코돈, mRNA, tRNA, 세포호흡, TCA회로
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

카이스트 학생 카이는 오랜 연구를 통해 장미 향기 합성에 관여하는 유전자A와 B를 찾았다. 유전자 A는 시트르산을 기질로 사용하여 향기를 합성하는 효소 정보를 담고 있다는 것도 발견했다. 카이는 장미 향기를 대량으로 생산하기 위해서 유전자 A와 B를 대장균에 넣어서 발현시켰다. 아래는 장미 향기를 합성하는 유전자 A와 B의 시작 부분이다.

A: 5' -ATGTTTACTGTGTTCAGAAGAATTATTAGCTATAACAATTAAGT-3'

B: 5' -ATGAAAAAGGAAGGAGGACAGCACACTACGAGTAGTAGGGCC-3'

(밑줄 친 ATG는 개시코돈)

첨부된 <표>는 장미와 대장균에서 발현되고 있는 모든 tRNA의 종류와 양(상대량)을 보여준다.

(1) 장미 유전자 A와 B의 mRNA를 대장균에서 과량 발현시켰더니, 단백질 B는 정상적으로 합성되었으나 단백질 A는 합성이 일어나지 않았다. 그 이유를 설명하고 이를 해결하기 위한 방법을 제시하시오. (1점)

(2) 위 문제를 해결하여 단백질 A가 대장균에서 정상적으로 만들어지게 하는데 성공했다. 하지만 단백질 A의 발현이 높아져서 향기 물질이 많이 만들어질수록 대장균의 성장 속도가 줄어들었다. 그 이유를 설명하시오. 단, 향기 물질은 대장균의 생장에 영향을 주지 않는다. (2점)

코돈	아미노산	장미	대장균	코돈	아미노산	장미	대장균
AAA	라이신	3.23	3.33	GAA	글루탐산	3.62	3.56
AAC	아스파라진	1.86	3.92	GAC	아스파르트산	2.51	2.76
AAG	라이신	3.65	3.76	GAG	글루탐산	3.66	3.06
AAU	아스파라진	1.88	0.05	GAU	아스파르트산	2.79	2.98
ACA	트레오닌	1.5	1.46	GCA	알라닌	1.81	0.72
ACC	트레오닌	1.62	1.69	GCC	알라닌	2.54	4.52
ACG	트레오닌	0.58	0.67	GCG	알라닌	0.73	0.65
ACU	트레오닌	1.32	5.31	GCU	알라닌	2.11	2.09
AGA	아르지닌	1.42	1.39	GGA	글리신	1.97	2.01
AGC	세린	1.44	1.43	GGC	글리신	0.06	0.05
AGG	아르지닌	1.08	1.08	GGG	글리신	1.34	1.39
AGU	세린	1.13	1.04	GGU	글리신	1.26	1.32
AUA	아이소류신	0.88	0.9	GUA	발린	0.88	1.62
AUC	아이소류신	2.2	2.02	GUC	발린	1.43	1.83
AUG	메싸이오닌	2.22	2.21	GUG	발린	2.75	0.01
AUU	아이소류신	2.01	1.98	GUU	발린	1.41	1.23
CAA	글루타민	1.19	1.22	UAA	종결코돈	0	0
CAC	히스티딘	1.25	1.14	UAC	타이로신	1.6	1.59
CAG	글루타민	3.13	3.2	UAG	종결코돈	0	0
CAU	히스티딘	1.07	0.12	UAU	타이로신	1.48	1.43
CCA	프롤린	1.53	1.34	UCA	세린	1.04	1.02
CCC	프롤린	1.48	0.02	UCC	세린	1.37	1.29
CCG	프롤린	0.54	0.67	UCG	세린	0.4	0.37
CCU	프롤린	1.6	1.78	UCU	세린	1.38	1.39
CGA	아르지닌	0.76	0.75	UGA	종결코돈	0	0
CGC	아르지닌	0.83	0.82	UGC	시스테인	0.96	1.01
CGG	아르지닌	1.06	1.08	UGG	트립토판	0.97	1.03
CGU	아르지닌	0.51	0.48	UGU	시스테인	0.97	0.98
CUA	류신	0.74	0.8	UUA	류신	0.89	0.92
CUC	류신	1.7	1.34	UUC	페닐알라닌	1.93	1.01
CUG	류신	3.48	3.98	UUG	류신	1.46	1.23
CUU	류신	1.44	1.24	UUU	페닐알라닌	2.06	2.12

3. 출제 의도

- 유전 암호를 이해하고, 유전 암호표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
- 전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해한다.
- 세포 호흡 과정을 이해한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	생명과학 II . 유전자의 발현과 조절
	성취기준·성취수준	[12생과II 04-03]전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다. [12생과II 04-04]유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II . 세포의 특성 생명과학 II . 세포 호흡과 광합성
	성취기준·성취수준	[12생과II 02-06]효소의 작용을 활성화 에너지와 기질의 특이성을 중심으로 이해하고, 온도와 pH가 효소 작용에 영향을 미칠 수 있음을 실험을 통해 설명할 수 있다. [12생과II 03-02]세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학II	심규철 외	비상교육	2018	56~60 73~81 122~131
	생명과학II	오현선 외	미래엔	2018	58~65 78~87 124~133

5. 문항 해설

본 문항은 전사와 번역의 개념을 알고, 유전자 재조합 시 장미의 유전자를 대장균에서 번역하는 과정에서 대장균에서 만들어지는 유전자 산물인 단백질 합성이 되지 않은 이유를 묻고 있다. 또한, 만들어진 단백질 산물이 효소이고, TCA 회로의 시작 물질인 시트르산을 기질로 사용하여 향기 물질을 만들어내는 효소임을 보고 대장균의 성장과 연계하여 현상을 예측할 수 있는지 묻는 문항이다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

7. 예시 답안

- (1) 유전자A에는 대장균에서는 거의 존재하지 않는 tRNA와 연결된 코돈이 있다. GUG를 GUC로 바꾸어준다. 혹은 GUG tRNA를 대장균에 넣어준다. (1점)
- 유전자 A에 종결 코돈이 생기는데 이것을 정상적인 아미노산으로 치환
 - AAT rare codon을 이야기 하거나 GTG rare codon 둘 중에 하나만 이야기해도 정답
- (2) 유전자 A에 의해서 만들어지는 효소가 TCA회로에 시작 물질인 시트르산을 기질로 사용하고 있기 때문에 시트르산을 많이 사용할수록 TCA 회로를 통해서 만들어지는 에너지원이 줄어든다. (2점, 부분점수 없음)

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항에서 중심으로 다루고 있는 내용인 유전자 발현은 생명과학 II에서 중심으로 다루는 내용으로, 유전암호표를 이용하여 유전암호를 단백질로 번역하는 과정은 모형을 이용하여 탐구활동에서도 수행하는 내용이다. 기존의 유전암호표와 다른 점이 tRNA의 양을 생명체 별로 구분하여 제시함을 인지하고, 해당 코돈과 상보적인 안티코돈을 갖는 tRNA의 양이 장미와 대장균에서 차이가 나는 것을 확인하여 자료를 분석하면 해결이 가능하다. 생명과학 II 교과 학습에 성실하게 참여한 학생이라면 자료제시 방법의 차이를 인지하여 문제를 풀어냈을 것으로 생각한다. 또한, 유전자 A의 발현 산물이 효소라는 사실과 효소의 역할, 기질로 시트르산을 사용함을 문제 내에서 제시하였다. 시트르산은 생명과학 II의 대단원에서 중심으로 다루는 TCA 회로에서 필요한 물질로, 시트르산의 생명현상에서의 중요성을 알고 있기 때문에 효소에 대한 개념과 시트르산의 역할을 안다면 종합적으로 추론할 수 있는 문제이므로 선행학습을 유발하지 않는다고 생각한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항은 유전자의 발현 및 세포의 생명 활동에 대한 이해를 바탕으로 제시된 자료를 과학적으로 분석하고 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항 (1)은 대장균에서 단백질 A의 합성이 일어나지 않는 이유와 이에 대한 해결 방법을 묻고 있다. 문항 해결에 필요한 유전자 발현의 이해는 생명과학 II에서 중요하게 다루어지는 주제로서, 대학수학능력시험에서는 유전 정보 해독 및 DNA 염기서열의 돌연변이를 찾는 문제가 주로 출제되며 매우 복잡하고 난이도가 높다. 본 문항의 경우 유전 정보 해독은 간단하지만 더 나아가 두 생물의 tRNA 합성량에 대한 자료를 바탕으로 유전자 발현에서 차이가 나타나는 이유 및 그 해결 방법을 추론해야 하므로 수험생 입장에서 새롭게 느껴졌을 것이다. 문항 (2)에서는 문제의 핵심 조건을 정확히 이해하여 유전자 A의 발현이 높아질수록 TCA 회로의 기질인 시트르산의 소모가 많아져 생장이 억제된다는 결론을 제시해야 한다. 중요한 조건을 놓치지 않는 것이 필요하고, 유전자 발현과 세포 호흡 등 세포의 생명 활동에 대한 통합적 이해를 통해 해결해야 한다. 유전자 발현의 원리, 세포 호흡 과정 등 본 문항의 해결에 필요한 과학적 개념은 생명과학 II의 주요 학습 요소이고, 자료를 분석하여 과학적으로 문제를 해결하는 능력은 교육과정에서 목표로 하는 핵심 역량이다. 따라서 본 문항에서 선행학습 유발 요소는 없는 것으로 판단한다.

＜ 유사 기출 문제 ＞	
유사문제	EBS 생명과학II 수능특강 3강 세포막과 효소 3점 테스트 10번, 4강 세포호흡과 발효 3점 테스트 5번, 7강 유전자의 발현3점 테스트 7번
근거	- 기질의 농도가 낮아지면 반응 속도(단위 시간당 생성물의 생성량)가 낮아짐을 그래프를 통해 추론할 수 있다. 시트르산 회로는 생명활동을 위해 필요한 ATP를 만드는데 중요한 과정임을 알고 있다면, 시트르산을 기질로 하여 향기를 만드는 분자가 되기 때문에, 시트르산 회로에 기질이 부족하여 에너지 생산 효율이 낮아지고 생장이 더뎠음을 추론할 수 있다. - DNA로부터 mRNA를 합성하는 전사와, mRNA의 정보로 유전암호표를 이용하여 단백질을 만드는 번역과정에 대한 문제임. 기존의 문제유형과 다른 점인 tRNA의 양이 제시됨을 추론하여 생명체 간 상대량이 다름을 확인하여 종합적인 사고를 통해 문제를 해결할 수 있다.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 16]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제1	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	통합과학, 생명과학, 생명과학II
	핵심개념 및 용어	개체군 간 상호작용, 포식과 피식, 자연선택, DNA 재조합, 세포소기관, 세포의 구조
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 1:

식물과 초식곤충은 오랜 기간 서로에게 영향을 주며 진화했다. 식물이 독성 물질을 만들어서 초식곤충을 쫓아내면 그 곤충은 독성 물질을 해독하는 방향으로 진화가 일어났다. 예를 들어 카페인이라는 물질은 커피나무가 어린잎과 열매를 보호하기 위해서 만들어낸 독성 물질이다. 하지만 카페인을 만드는 커피나무는 카페인을 해독할 수 있는 곤충의 생존을 유리하게 하여 커피먹는 곤충 숫자가 증가한다. 그러면 다시 커피나무는 카페인을 해독하는 곤충을 쫓아내기 위한 다른 독성 물질을 만들어내는 방향으로 진화가 일어날 것이다.

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 2:

우리나라에서 캐나다산 유채를 수입해서 키우기 시작했다. 하지만 얼마 지나지 않아 유채를 먹는 애벌레가 급격히 증가해 유채 밭에 큰 피해를 주었다. 이 애벌레는 캐나다에도 있지만 문제가 되지 않았다. 그 이유는 애벌레가 유채를 먹기 시작하면 도마뱀이 나타나서 애벌레를 제거해주기 때문이다. 도마뱀은 애벌레가 유채 잎을 먹기 시작하면 나오는 식물 향기 물질 X를 감지해서 애벌레의 위치를 파악해 먹어치운다. 이 도마뱀이 우리나라에는 살지 않는다.

(1) 식물이 독성물질을 만들어서 초식곤충을 쫓아내는(혹은 죽이는) 상호관계 1 전략보다 식물이 초식곤충을 먹는 천적(도마뱀)을 부르는 상호관계 2 전략이 식물의 생존에 더 유리하다면 어떤 이유 때문인지 설명하시오. (2점)

(2) 애벌레가 유채 잎을 갉아 먹으면 식물 향기 물질 X가 잎 표피 세포에서 합성되어서 공기 중으로 방출된다는 것을 알았다. 하지만 식물 골지체에서 나온 분비 소낭이 세포막과 융합하지 못하면 물질 X가 합성되지 않는다. 물질 X가 잎 세포 어디에서 합성되는지 설명하시오. (1점)

3. 출제 의도

- 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하고, 내성 세균의 출현을 학습한 내용을 바탕으로 다른 진화적 현상을 이해할 수 있다.
- 세포막을 통한 물질 출입 현상 이해하고 식물의 세포 구성을 이해한다.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	통합과학. 생물 다양성과 유지 생명과학 I. 생태계와 상호작용
	성취기준· 성취수준	[10통과 07-02]변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 이해하고, 항생제나 살충제에 대한 내성 세균의 출현을 추론할 수 있다. [12생과II 05-02]개체군과 군집의 특성을 이해하고, 개체군과 군집 내의 상호 작용을 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 세포의 특성 생명과학 II. 생명 공학 기술과 인간 생활
	성취기준· 성취수준	[12생과II 02-04]세포 소기관들이 기능적으로 유기적인 관계를 이루고 있음을 이해하고, 이들 간의 관계성을 설명할 수 있다. [12생과II 02-05]세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해하고, 확산, 삼투, 능동 수송을 실험이나 모형을 통해 설명할 수 있다. [12생과II 06-01]DNA 재조합 기술의 원리를 이해하고, 활용 사례를 조사하여 발표할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	통합과학	심규철 외	비상교육	2018	212~217
	생명과학 I	심규철 외	비상교육	2018	159~179
	생명과학 II	심규철 외	비상교육	2018	34~52
	생명과학 I	오현선 외	미래엔	2018	170~181
	생명과학 II	오현선 외	미래엔	2018	44~57

5. 문항 해설

식물과 초식곤충 사이의 상호작용의 관계에서 진화의 관점을 묻는 문항으로 식물의 유전적 변화로 초식 곤충에게 독이되는 물질을 합성하는 1 전략과 식물의 유전적 변화로 초식곤충의 포식자를 부르는 2 전략 중에 식물의 생존에 더 유리한 생존 전략이 2 전략으로 제시하고 그에 대한 학생의 사고를 측정하는 문제이며, 물질의 합성과정에서 식물세포의 구조 중에서 세포 외 배출이 되지 않을 때 물질의 합성이 멈춘 것을 파악하여 물질의 합성 위치를 유추하는 문제이다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점기준을 작성함

7. 예시 답안

(1) 독성물질을 만들면 애벌레가 이를 해독하는 방향으로 진화가 진행이 된다. 하지만 도마뱀을 부르는 신호는 애벌레에게 직접적인 영향을 주지 않기 때문에 애벌레가 이를 회피하기 위해서는 훨씬 더 오랜 시간이 걸릴 것이다.

(2점, 부분점수 없음)

(2) 세포막과 세포벽 사이 혹은 세포벽. 분비 소낭은 단백질을 세포막 밖으로 수송을 하고 물질 합성은 효소를 필요로 한다. 즉 효소가 세포막 밖으로 분비가 되어야 물질이 합성이 되기 때문에 장소는 세포벽 혹은 세포막과 세포벽 사이일 것이다.

(1점)

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 (1)번 소문항은 진화에 대한 이해와 (2)번 소문항은 막을 통한 물질의 이동 방식에 대해 유추하도록 문제를 출제하였다. 진화의 원리에서 자연선택을 학습하며, 곤충 개체군 내에 살충제의 저항성에 대한 유전적 다양성이 존재할 때, 살충제를 살포 시에 곤충 개체군의 유전자풀의 변화로 진화가 일어나는 사례를 학습한다. 이는 1번 사례와 유사한 사례이고, 2번 사례는 포식과 피식과 유사한 상황으로 초식 곤충의 포식자를 불러오는 사례의 경우는 개체군 내에 포식자에게 잡아먹히지 않는 유전자가 있지 않는 한은 초식 곤충이 포식자를 피해 생존하기 어려울 것임을 유추할 수 있다. (2)번 소문항의 경우 세포의 구조와 세포소기관, 세포막을 통한 물질의 이동 방식에 대해 학습한 경우, 골지체의 분비 소낭이 분비되지 않을 때 합성되지 않는다는 조건을 고려한다면, 세포 외 배출로 물질이 세포막에서 분비가 되어야 물질이 합성됨을 생각하고, 이를 통해 물질의 합성되는 장소를 유추할 수 있다. 두 소문항은 통합과학 및 생명과학Ⅰ, 생명과학Ⅱ의 내용을 고루 알고 있어야 하며 종합적으로 고려하여 판단하기에 쉽지 않은 문제였지만, 변별을 위한 문제로 학습자들에게 선행학습을 유발하는 정도의 이해하기 어려운 내용은 아니라고 판단된다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항은 생물의 상호관계에 대한 자료를 분석하여 결론을 내리는 것뿐만 아니라 그 이유를 논리적으로 설명할 수 있는지, 주어진 단서를 통해 과학적으로 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항 (1)은 식물이 피식자를 회피하기 위한 전략의 두 가지 사례에 대해 진화와 관련지어 생존에서의 유불리를 비교하도록 묻고 있다. 문항의 해결을 위해 생물적 요인 사이의 상호관계를 이해하고 자연선택을 통한 진화 과정이 어떻게 작용하는지 설명할 수 있어야 한다. 이는 각각 생명과학Ⅰ과 통합과학에서 잘 다루어지고 있는 내용이다. 통합과학의 항생제 내성 세균 출현 탐구활동에서 상호관계 1에 적용되는 진화의 메커니즘을 학습하므로, 수험생들은 어렵지 않게 상호관계 1의 진화는 자연선택의 압력이 크고 지속적으로 진행될 것임을 알 수 있었을 것이다. 반면 상호관계 2에서 식물은 자신이 아닌 다른 종을 활용하기 때문에 식물에게 적용되는 진화의 영향은 간접적이고 강도도 낮을 것임을 알 수 있어, 어렵지 않게 두 전략의 유불리를 비교할 수 있었을 것이다. 결론을 내리기는 쉽지만, 그 이유를 논리적으로 구조화하여 설명하는 것은 매우 어려웠을 것이므로 수험생에 따라 답변 수준 차이가 컸을 것으로 보인다. 문항 (2)는 골지체에서 나온 분비 소낭이 세포막과 융합되지 못할 경우 물질 X가 합성되지 않는다는 단서를 제대로 이해해야 해결할 수 있다. 물질 X가 분비되지 않는 것이 아니라 합성되지 않는다는 점을 놓치지 않는 것은 물론 분비 소낭을 통한 물질의 이동 과정과 식물 세포의 구조, 효소에 의한 물질 합성 등에 대한 이해가 필요하다. 문항 해결에 필요한 개념들은 생명과학Ⅱ ‘세포의 특성’ 단원에서 잘 다루어지고 있다. 하지만 이 개념들을 통합적으로 활용하여 필요한 단서를 놓치지 않고 문제를 해결해야 하므로 본 문항은 높은 수준의 과학적 사고력이 요구된다. 문항 (1)과 (2) 모두 생명과학 교육과정에서 다루는 핵심 내용 요소를 활용하여 해결할 수 있으므로, 본 문항은 선행학습을 유발하지 않는다고 판단한다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2022학년도 대수능 생명과학II 14번 EBS 생명과학II 수능특강 3강 세포막과 효소 2점 테스트 9번
근거	- 유전자표의 변화 요인에서 자연선택에 대한 이해를 바탕으로 자료를 추론하여 문제를 해결할 수 있다. - 막을 통한 물질의 이동과정 중 세포 외 배출과정에 대한 이해를 바탕으로 문제를 해결할 수 있다.

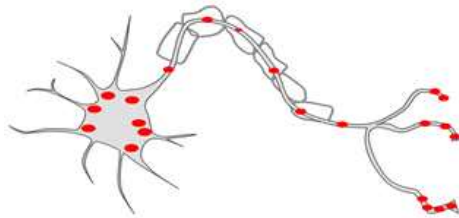
[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 17]

1. 일반정보

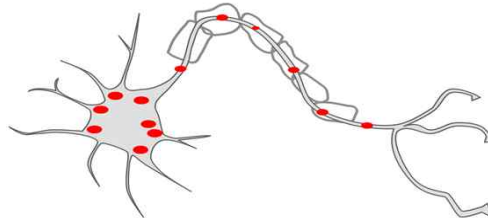
유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	흥분의 전도와 전달, 유전 정보 해독, 항상성
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

카이스트 대학원생 넵죽이는 신경세포 내 미토콘드리아의 분포를 조사해 보았고, 그 결과는 아래와 같다 (붉은색 점들이 미토콘드리아).



넵죽이는 유전자 X에 돌연변이가 발생할 경우, 아래와 같이 미토콘드리아의 위치가 변화한다는 점도 새롭게 발견하였다.

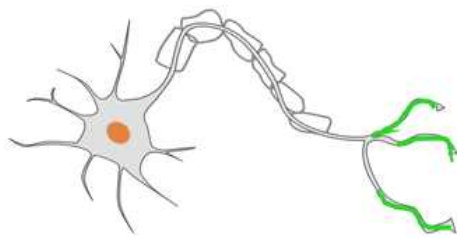


다음은 넵죽이가 유전자 X에 대해 추가로 연구해 알아낸 정보이다.

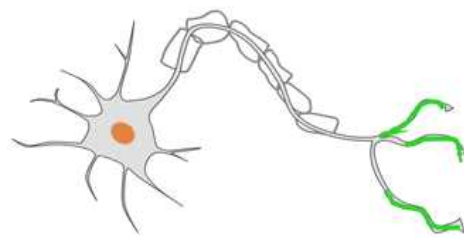
정상 유전자 X로부터 합성되는 단백질 X는 총 394개의 아미노산으로 구성되어 있다. 아래의 염기서열은 정상 유전자의 mRNA의 359번째부터 392번째에 해당한다.

359	392
정상형 5' -(...)-CAUCUCCCCACGGCGUGGACAGCCGCCCUCAAG-(...)-3'	
돌연변이형 5' -(...)-CAUCUCCCCACGGCGUAAUCGGACAGCCGCCCUU-(...)-3'	

넵죽이는 유전자 X로부터 생성되는 단백질 X의 위치를 녹색 형광물질로 표지하여 분석하였다. 정상 단백질X는 왼쪽과 같은 분포를 보였고, 오른쪽에 있는 돌연변이 단백질 X의 신경 세포 내 분포도 정상과 비교해 크게 다르지 않았다.



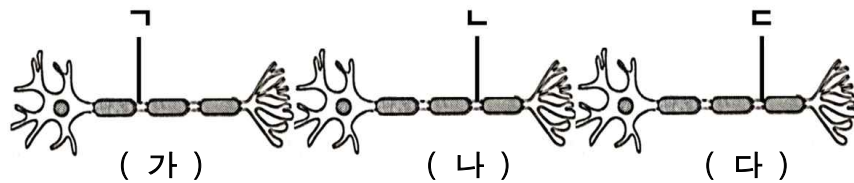
정상 단백질 X의 신경세포 내 분포



돌연변이 단백질 X의 신경세포 내 분포

(1) 위의 정보들을 바탕으로 단백질 X의 기능을 제시하고 돌연변이 단백질 X에 어떠한 기능적 장애가 발생하였는지 설명하시오 (1점).

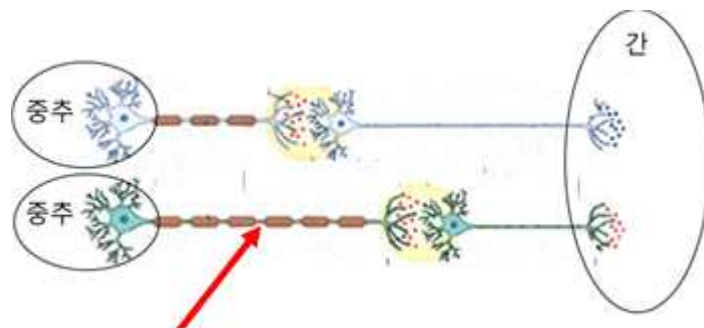
(2) 아래 그림은 시냅스로 연결된 뉴런 가-나-다를 나타낸 것이다. 정상 신경세포 들끼리 또는 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포들끼리 아래의 순서로 연결된 신경의 ㄱ 위치에서 역치 이상의 자극을 준 다음 ㄴ와 ㄷ 위치에서 시간 경과에 따라 형성되는 막전위를 측정한 값이 아래 표와 같다.



경과시간(ms)		1	2	3	4	5	6	7	8
막전위(mV)									
정상	ㄴ	-70	+35	-80	-70	-70	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70
X변이	ㄴ	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	+35

돌연변이 유전자 X가 신경세포의 흥분 전도 속도의 어떠한 변화를 유도하였는지 이유를 설명하시오 (1점).

(3) 아래 그림은 중추신경으로부터 간에 연결된 자율신경을 나타낸다.



화살표로 표시된 부분에 역치 이상의 자극을 주면 정상 생쥐와 유전자 X에 돌연변이를 가지는 생쥐의 혈당 조절에 어떠한 차이가 발생하는지 비교하고 이유를 설명하시오 (2점).

3. 출제 의도

- 뉴런의 구조와 기능에 대한 이해도를 평가하고자 함.
- 시냅스 소포로부터 신경 전달 물질이 분비되는 과정과 시냅스에서의 흥분 전달에 대한 이해도를 평가하고자 함.
- 미토콘드리아의 기능의 이해도를 평가하고자 함.
- 유전자 돌연변이 발생 및 단백질 번역과정의 이해도를 평가하고자 함.
- 부교감 신경의 특징과 혈당 항상성 조절의 이해도를 평가하고자 함.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절 생명과학 II. 유전자의 발현과 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과 II 04-03] 전사와 번역 과정을 거쳐 유전자가 발현됨을 이해하고, 모형을 이용하여 유전자 발현 과정을 설명할 수 있다. [12생과 II 04-04] 유전 암호를 이해하고, 유전 암호 표를 사용하여 유전 정보를 해독할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-01] 활동 전위에 의한 흥분의 전도와 시냅스를 통한 흥분의 전달을 이해하고, 약물이 시냅스 전달에 영향을 미치는 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
(3)	교육과정	생명과학 I. 항상성과 몸의 조절
	성취기준·성취수준	[12생과 I 03-03] 중추 신경계와 말초 신경계의 구조와 기능을 이해하고, 신경계와 관련된 질환을 조사하여 토의할 수 있다. [12생과 I 03-05] 신경계와 내분비계의 조절 작용을 통해 우리 몸의 항상성이 유지되는 과정을 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 I	이준규 외	천재교육	2019	59-63, 72-73, 89
	생명과학 II	심규철 외	비상교육	2019	124-129
기타	2023학년도 수능특강 생명과학 I	EBS 편집부	EBS	2022	66

5. 문항 해설

본 문항은 특정 단백질 유전자에 돌연변이가 발생한 신경세포(뉴런)를 정상 신경세포와 비교하여 해당 단백질의 기능을 분석할 수 있는지 묻고 있으며, 이 돌연변이가 흥분 전도 속도와 자율신경을 통한 혈당 조절에 미치는 영향을 추론할 수 있는지 평가하고 있다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점 기준을 작성함

7. 예시 답안

(1) 단백질 X의 기능: 단백질 X는 신경세포의 축삭돌기 말단에 존재하는 단백질로서 미토콘드리아를 축삭돌기 말단에 위치시키는 기능을 수행한다.

기능적 장애: 돌연변이 X는 유전자 중간에 4개의 염기서열이 삽입된 것이다. 따라서 합성된 단백질의 아미노산 서열은 번역 개시 후 상당히 많은 부분이 정상 단백질과 같지만, 삽입 돌연변이가 발생한 이후는 코돈(codon)이 변동되어 mRNA 번역이 조기 종결되거나 단백질 X의 아미노산 서열이 바뀔 수 있다. 이러한 구조적 변화가 발생한 돌연변이 단백질 X는 세포 내 위치는 정상이나 미토콘드리아를 축삭돌기 말단에 위치시키는 활성이 상실된 것으로 보인다.

(2) 흥분의 전도 속도는 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포에서 정상 신경세포에 비해 감소하며, 그 이유는 축삭돌기 말단에 미토콘드리아가 부족하므로 신경 전달 물질이 포함된 시냅스 소포의 생성 및 신경 전달 물질 분비에 필요한 에너지를 효율적으로 공급하지 못하기 때문이다.

(3) 신경절 이전 뉴런의 축삭이 긴 것으로 보아, 화살표로 자극한 자율신경은 부교감 신경에 해당한다. 간에 연결된 부교감 신경은 글리코젠 합성을 촉진하여 혈당을 낮춘다. 따라서 유전자 X의 장애로 흥분 전달이 느려지면 간에서 글리코젠 합성이 저하되어 혈당 저하 반응이 원활하게 이루어지지 못한다.

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 돌연변이가 일어난 신경세포를 정상 신경세포와 비교하여 분석하고, 이를 바탕으로 흥분의 전도와 전달 및 신경계를 통한 항상성 조절에 대해 추론할 수 있는지 묻고 있다. 문항 (1)에서 단백질 X의 기능 및 돌연변이 단백질의 기능적 장애를 찾아내기 위해서는 신경세포(뉴런)의 구조 및 돌연변이가 번역에 미치는 영향에 대한 기초적 이해가 필요한데, 이는 각각 생명과학 I 과 생명과학 II에서 잘 다루고 있다. 문항 (2)에서 돌연변이 신경세포의 흥분 전도가 정상 세포보다 지연된 이유를 설명하기 위해서는 시냅스 소포의 생성 및 신경 전달 물질 분비 과정에 대한 이해가 필요하다. 생명과학 I 에서 학습하는 시냅스 소포를 통한 신경 전달 물질 분비를 생명과학 II에서 학습하는 세포 소기관의 유기적 관계 및 세포외 배출과 연결하여 이해하고, ATP가 소비되는 과정이므로 미토콘드리아 부족이 영향을 미친다는 점을 파악하여 통합적으로 사고하는 역량이 요구된다. 문항 (3)은 간에 연결된 부교감 신경이 자극될 때 혈당 조절은 정상 생쥐와 돌연변이 생쥐에서 어떤 차이가 나타나는지 묻고 있다. 자극이 주어진 신경이 부교감 신경이라는 것은 생명과학 I 에서 신경계의 특징을 잘 다루고 있어 쉽게 알아낼 수 있다. 간에 연결된 부교감 신경이 자극될 때, 간에서의 글리코젠 합성이 증가하여 혈당량이 감소한다는 내용은 교과서와 EBS 수능특강 생명과학 I 에 제시되어 있다. 문제에서 혈당 조절로 사고의 범위를 한정하여 묻고 있고 부교감 신경에 의한 조절이 혈당 감소를 일으킨다는 내용을 생명과학 I 에서 학습하기 때문에, 간에 연결된 부교감 신경의 자극으로 글리코젠 합성에 따른 혈당 감소가 촉진된다는 것을 수험생들은 어렵지 않게 추론할 수 있었을 것이다. 따라서 문항 (1)~(3) 모두 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 잘 해결할 수 있었을 것으로 보이며, 선행학습 유발 요소는 없는 것으로 판단한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

전체적으로 생명과학 I 의 항상성과 몸의 조절 단원과 생명과학 II의 유전자의 발현과 조절 단원에 대한 이론적 배경을 바탕으로 (1)번 문항은 단백질의 번역과 세포 내 단백질의 역할, (2)번 문항은 신경세포에서 미토콘드리아의 역할과 에너지 사용, (3)번 문항에서는 내분비계와 신경계에 의한 혈당량의 조절 과정을 이해하고 문제 상황에 적용할 수 있는지를 질문하고 있다. DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 비정상 단백질이 생성되는 유전자 돌연변이와 뉴런에서의 신호 전도와 전달 과정, 자율신경계와 내분비계를 통한 혈당량의 조절 과정에 대한 이해를 바탕으로 문항에서 제시하고 있는 그림과 표를 논리적으로 해석할 수 있는 역량이 학생에게 요구되고 있다. 문제 해결에 필요한 이론적 내용은 해당되는 각 단원의 핵심적인 개념으로써 학생들이 반복적으로 학습하는 내용이기에 수업 활동에 충실히 참여한 학생이라면 무난하게 해결 가능한 문항이라고 생각된다. 때문에, 본 문항에서 선행학습을 유발하는 요인은 없다고 생각된다.

＜ 유사 기출 문제 ＞	
유사문제	2021학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학 I 4번
근거	• 시냅스 소포에서 신경 전달 물질이 방출되어 흥분이 전달되는 과정을 다루고 있음. • 축삭 말단에 분포하고 있는 시냅스 소포의 위치와 작용에 대해 다루고 있다는 점에서 유사함.
유사문제	2022학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가 생명과학 I 5번
근거	• 혈중 포도당 농도 조절 과정에서 간에서의 포도당과 글리코젠 사이의 전환을 다루고 있음. • 간에서의 글리코젠 합성 촉진을 통해 혈당량이 감소되는 과정을 다루고 있다는 점에서 유사함.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 18]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	학교장추천전형, 고른기회전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(생명과학) / 문제3	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I, 생명과학 II
	핵심개념 및 용어	세포 분획법, 능동 수송, 세포 호흡
예상 소요 시간	10분	

2. 문항 및 제시문

적혈구는 우리 몸의 산소를 운반하는 중요한 역할을 하는 세포로 잘 알려져 있다. 적혈구가 제 기능을 하기 위해서는 세포의 삼투압이 정상적으로 유지가 되어야 한다. 적혈구 삼투압 유지에 필요한 무기질 이온의 농도를 알아보기 위해, 사람 혈액에서 적혈구와 백혈구를 분리하고, 이들 세포 내 이온 농도를 혈장과 비교를 하여 다음과 같은 값을 얻었다.

이온	적혈구	백혈구	혈장
Na ⁺	10mM	10mM	140mM
K ⁺	150mM	145mM	5mM

또한, 원심분리를 이용한 세포분획법을 활용해 적혈구와 백혈구를 구성하는 물질의 특성을 분석해 보았다.

<백혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	1	100	2	1
DNA양	100	20	1	0
지질양	60	70	0	100

<적혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	0	1	1	0
DNA양	1	0	0	1
지질양	1	0	0	100

1) 적혈구에서 Na⁺와 K⁺의 농도가 혈장과 다르게 나타난 이유를 설명하시오. (1점)

2) 적혈구와 백혈구에 다음의 약물을 처리하였을 때 이들 세포 각각에서 Na^+ 와 K^+ 이온의 농도 변화를 설명하시오. (2점)

(1) 비소(Arsenic) - 해당과정 억제제

(2) 안티마이신-에이(Antimycin A) - 전자전달계 억제제

3. 출제 의도

- 세포막에 존재하는 Na^+-K^+ 펌프의 능동수송 작용을 통해 세포 안팎의 이온 농도 기울기를 유지하는 기작을 이해하고 있는지 평가하고자 함.
- 원심분리를 이용한 세포 분획법을 이해하고 그 결과를 해석하여 적혈구에는 핵과 세포소기관이 존재하지 않는다는 것을 유추할 수 있는지 평가하고자 함.
- 능동수송에는 세포내 ATP 에너지가 필요함을 이해하고 있고 세포소기관(미토콘드리아)이 없는 적혈구에서는 해당과정을 통해 ATP를 생성한다는 것을 유추할 수 있는지 평가하고자 함.

4. 출제 근거

가) 교육과정 및 관련 성취기준

적용 교육과정		교육부 고시 제2015-74호 [별책 9] “과학과 교육과정”
문항 및 제시문		학습내용 성취 기준
(1)	교육과정	생명과학 II. 세포의 특성
	성취기준·성취수준	[12생과II02-05] 세포막을 통한 물질 출입 현상을 이해하고, 확산, 삼투, 능동 수송을 실험이나 모형을 통해 설명할 수 있다.
(2)	교육과정	생명과학 II. 세포 호흡과 광합성
	성취기준·성취수준	[12생과II03-02] 세포 호흡 과정과 광합성의 탄소 고정 반응을 단계별로 구분하여 이해하고, 산화적 인산화 과정을 화학 삼투로 설명할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	생명과학 II	심규철 외	비상교육	2019	50-51, 73-79
	생명과학 II	전상학 외	지학사	2019	50-51, 72-76
기타					

5. 문항 해설

본 문항은 능동 수송을 통해 적혈구와 혈장의 이온 농도가 다르게 유지되는 과정에 대해 설명할 수 있는지 묻고 있다. 또한 백혈구와 적혈구의 세포분획 자료를 분석하여 적혈구의 특성을 파악하고, 이에 바탕으로 세포 호흡 저해제가 적혈구와 백혈구에서 나타내는 효과를 추론할 수 있는지 평가하고 있다.

6. 채점 기준

아래 7. 예시답안과 함께 채점 기준을 작성함

7. 예시 답안

(1) (1점) 적혈구의 세포막은 Na^+ 이온과 K^+ 이온이 통과할 수 없다. 적혈구의 세포막에 존재하는 Na^+-K^+ 펌프가 세포 내의 ATP 에너지를 사용하여 3개의 Na^+ 이온을 세포 밖으로 내보내고 동시에 2개의 K^+ 이온을 세포 내로 들어오게 하는 능동 수송을 하고 있다. 이를 통해 적혈구 내에 세포 밖보다 낮은 Na^+ 이온 농도와 세포 밖보다 높은 K^+ 이온 농도를 형성하여 유지하고 있다.

(2) (2점) 적혈구가 조혈모세포로부터 만들어질 때 세포핵을 포함한 모든 세포소기관들이 사라진다. 이를 문제에서 설명해준 원심분리를 이용한 세포분획법의 결과에서 유추할 수 있다. 따라서 분화를 마친 적혈구에는 미토콘드리아가 존재하지 않아 해당과정을 통한 ATP 생성만 가능하다.

- 따라서 해당과정 억제제인 비소를 처리할 경우 적혈구 내의 ATP 생성이 안 되고 Na^+-K^+ 펌프의 작동도 멈추게 되어 적혈구 내 Na^+ 이온 농도는 올라가고 K^+ 이온 농도는 낮아진다.
- 하지만 전자전달계 억제제인 안티마이신-에이를 처리할 경우 억제 대상인 전자전달계가 없기 때문에 해당 과정을 통한 ATP 생성에 문제가 없어 Na^+-K^+ 펌프의 작동으로 인해 적혈구 내 이온 농도가 유지된다.
- 백혈구는 미토콘드리아가 존재하므로 비소뿐만 아니라 안티마이신-에이 처리에 의해 ATP 생성이 억제되어 백혈구 내 Na^+ 이온 농도는 올라가고 K^+ 이온 농도는 낮아진다.

8. 총 평

[고등학교 생명과학 교사 A]

본 문항은 자료를 분석하여 적혈구와 백혈구의 특성을 파악하고, 제시된 조건에서의 변화를 추론하는 생명과학 탐구 역량을 평가하고 있다. 문항 (1)은 적혈구의 물질 농도가 혈장과 다르게 나타난 이유를 묻고 있다. $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 능동 수송으로 Na^+ 과 K^+ 의 농도가 세포 안팎에서 다르게 나타나는 과정은 생명과학 I, 생명과학 II에서 모두 다루어지고 있다. 특히 생명과학 II 교과서에서는 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 의 작동을 통해 Na^+ 이 3개 유출되고 K^+ 이 2개 유입되는 과정을 그림으로 나타내고 있어, 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 상세하게 답변이 가능할 것으로 보인다. 문항 (2)는 교과 지식을 바탕으로 주어진 자료를 논리적으로 해석하고, 제시된 상황에 대해 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 세포 분획 결과를 통해 핵과 미토콘드리아가 없는 적혈구의 특성을 알아내야 하고, 이를 바탕으로 적혈구는 백혈구와 달리 전자전달계 억제제가 영향을 미치지 않는다는 것을 추론해야 한다. 원심분리를 이용한 세포 분획법과 세포 호흡 과정은 생명과학 II에서 잘 다루어지고 있으며, 세포 호흡 저해제에 의한 작용 분석은 대학수학능력시험 및 모의평가에서 자주 출제된다. 본 문항의 경우 자료를 해석하고 과학적으로 추론하는 능력이 요구되지만, 교육과정을 성실하게 이수한 학생이라면 충분히 해결이 가능할 것으로 보인다. 따라서 문항 (1), (2)는 생명과학 교육과정에서 다루는 주요 개념과 원리를 바탕으로 출제되었으며 선행학습을 유발하지 않는다고 판단한다.

[고등학교 생명과학 교사 B]

본 문항에서는 생명과학 II의 세포의 특성 단원과 사람의 물질대사 단원 내용을 중점적으로 다루고 있으며, 학생이 주어진 자료를 적절하게 분석하여 이론적 내용과 결부시킬 역량이 있는지 평가하고 있다. 소문항 (1)번은 적혈구와 백혈구 내외에서 나트륨 이온과 칼륨 이온의 농도 차이가 존재하는 데이터를 펌프를 통한 이온의 능동 수송과 연결 지어 설명할 수 있는지 질문하고 있고, 소문항 (2)번은 세포 분획법을 시행한 결과 데이터를 바탕으로 두 세포사이에서 나타나는 세포 소기관의 차이를 도출해내고, 제시된 물질대사 저해제의 효과를 추론할 수 있는지 평가하고 있다. 문항에서 자료의 분석 능력과 이론적 개념의 적용 능력, 논리적 사고 능력을 종합적으로 요구하고 있으나, 문제 상황의 해결에 필요한 정보가 제시문에 모두 포함되어 있어 필수 개념이 아닌 내용에 대한 암기가 요구되지 않고 필수 개념도 모두 정규 교육 과정에서 다루고 있는 내용이기에 선행학습이 없어도 무난하게 해결할 수 있는 문항이라고 여겨진다.

〈 유사 기출 문제 〉	
유사문제	2017학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학Ⅱ 7번
근거	- 유사문제에서는 능동 수송의 사례로서 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 Na^+의 이동 방식을 다루고 있음. $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 능동 수송으로 세포 안과 밖의 농도가 불균등하게 유지된다는 내용을 알고 있는지 평가하는 점에서 유사함.
유사문제	2022학년도 대학수학능력시험 6월 모의평가 생명과학Ⅱ 18번
근거	- 유사문제에서는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H^+을 새어 나가게 하여 ATP 합성을 저해하는 물질의 작용에 대해 이해하고 있는지 평가하고 있음. - 세포 호흡을 저해하는 물질을 처리했을 때 세포 호흡 과정과 세포의 생명 활동이 어떻게 달라지는지 평가하는 점에서 유사함.

[한국과학기술원(KAIST) 문항정보 19]

1. 일반정보

유형	☐ 논술고사 ☒ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형고사	
전형명	일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	영어	
출제 범위	교육과정 과목명	영어I, 영어II, 영어독해와 작문
	핵심개념 및 용어	글의 내용을 기반으로 어휘의 의미 추론하기 글을 읽고 세부 정보 파악하기 글의 논리적 흐름을 파악해 생략된 정보 추론하기
예상 소요 시간	5분	

2. 문항 및 제시문

Can Video Games Enhance Brain Function?

Video games, such as Fortnite or StarCraft, have become one of the most popular leisure activities around the world. While too much video game playing can take time away from exercise, disrupt sleep, or lead to addiction, recent research suggests playing video games can still be beneficial for the development of mental capabilities. These [Q1] cognitive abilities are especially increased by playing fast-paced games like first-person shooters (FPS) and real-time strategy (RTS) games.

Multiple studies have suggested that real-world task switching, like switching from greeting people to answering the phone at a busy store, was more efficient in gamers*. Specifically, those who played FPS and RTS games showed significantly better task switching than non-gamers. However, that is not the only benefit of game playing. Additional studies have shown that FPS gamers were better at ignoring distractions and faster at processing visual information than non-gamers.

[Q3] However, ~~~~~
~~~~~  
~~~~~

Considering these opposing research findings, a few factors are important for determining how helpful playing video games can be. First, the type of game you play has a large impact on whether or not brain function is increased. For

example, playing FPS and RTS games seems to have a greater impact on brain development than role-playing games. Second, the age you start playing is also important. Some researchers suggest that starting to play before the age of 12 is more beneficial for task switching development than starting to play after the age of 12. Finally, the amount of time you spend gaming may determine how much benefit you receive. One study found that only gamers who spent four or more hours per week playing saw improvement in their mental abilities.

~~~~~  
~~~~~  
~~~~~

\*gamer (noun): a person who regularly plays video games

(Q1) What word from the text can most adequately replace the underlined word “cognitive” ? (1 point)

(Q2) Based on the passage, what are two ways gamers perform better than non-gamers? (2 points)

(Q3) This passage is a part of an essay. Inferring from the passage, what is most likely to be discussed in the paragraph that begins with the incomplete sentence “However, ...” (2 points)

### 3. 출제 의도

- 서류전형을 통과한 지원자를 대상으로 기본적인 학업능력과 영어 활용 능력이 충분한지를 평가

#### 4. 출제 근거

##### ※ 교육과정 근거

|         |                                         |                                                        |              |
|---------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|
| 적용 교육과정 | 예) 교육부 고시 제2020-255호 [별책 14] “영어과 교육과정” |                                                        |              |
| 관련 성취기준 | 1. 일반 선택 과목                             |                                                        |              |
|         | 과목명: 영어 I, 영어 II, 영어독해와 작문              |                                                        | 관련           |
|         | 성취<br>기준 1                              | [12영 I 02-01] 친숙한 일반적 주제에 관하여 듣거나 읽고 세부 정보를 설명할 수 있다.  | 영어 I         |
|         | 성취<br>기준 2                              | [12영 I 02-04] 친숙한 일반적 주제에 관한 정보를 묻고 답할 수 있다.           | 영어 I         |
|         | 성취<br>기준 3                              | [12영 I 03-01] 일반적 주제에 관한 글을 읽고 세부 정보를 파악할 수 있다.        | 영어 I         |
|         | 성취<br>기준 4                              | [12영 I 03-03] 일반적 주제에 관한 글을 읽고 내용의 논리적 관계를 파악할 수 있다.   | 영어 I         |
|         | 성취<br>기준 5                              | [12영 I 03-06] 일반적 주제에 관한 글을 읽고 함축적 의미를 추론할 수 있다.       | 영어 I         |
|         | 성취<br>기준 1                              | [12영 II 02-01] 비교적 다양한 주제에 관하여 듣거나 읽고 세부 정보를 설명할 수 있다. | 영어 II        |
|         | 성취<br>기준 2                              | [12영 II 03-01] 다양한 주제에 관한 글을 읽고 세부 정보를 파악할 수 있다.       | 영어 II        |
|         | 성취<br>기준 3                              | [12영 II 03-03] 다양한 주제에 관한 글을 읽고 내용의 논리적 관계를 파악할 수 있다.  | 영어 II        |
|         | 성취<br>기준 4                              | [12영 II 03-06] 다양한 주제에 관한 글을 읽고 함축적 의미를 추론할 수 있다.      | 영어 II        |
|         | 성취<br>기준 1                              | [12영독03-01] 비교적 다양한 주제에 관한 글을 읽고 세부 정보를 파악할 수 있다.      | 영어독해<br>와 작문 |
|         | 성취<br>기준 2                              | [12영독03-03] 비교적 다양한 주제에 관한 글을 읽고 내용의 논리적 관계를 파악할 수 있다. | 영어독해<br>와 작문 |
|         | 성취<br>기준 3                              | [12영독03-06] 비교적 다양한 주제에 관한 글을 읽고 함축적 의미를 추론할 수 있다.     | 영어독해<br>와 작문 |

---

## 5. 문항 해설

대다수의 학생들이 직·간접적으로 접하여 친숙한 내용인 Video Games를 소재로 한 지문을 활용함으로써 시대의 흐름을 반영하고 더 나아가 과학(생명과학) 영역의 뇌와 관련하여 ‘항상성과 몸의 조절[신경계]’과 관련된 소재까지 확장해볼 수 있다. 문항은 일반적인 독해 능력과 말하기 능력을 측정하고자 총 3개의 소문항으로 구성되어 있다. 첫 번째 문항은 기본적인 읽기 능력과 지시형용사에 대한 이해를 바탕으로 맥락 속에서 단어의 의미를 파악하여 설명하도록 하였으며, 두 번째 문항은 글을 읽고 질문이 요구하는 세부 정보를 파악하는 능력을 측정하고 있다. 세 번째 문항은 접속사를 통해 만들어지는 논리적 관계와 문맥을 파악해 제시되지 않은 내용을 추론하여 설명하도록 요구하고 있다.

세 개의 문항을 통해 사실적 이해, 추론적 이해, 종합적 이해 능력을 측정하고 나아가 논증의 세 가지 구성요소인 근거(grounds), 추론(inference), 결론(conclusion)을 바탕으로 학생들의 기본적인 영어 표현능력까지 측정하고자 하였다.

## 6. 예시 답안 및 평가 기준

Q1) What word from the text can replace the underlined word “cognitive” without changing the meaning?

|              |                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|
| Model Answer | “Cognitive can be replaced with mental”                             |
| Key Phrases  | mental                                                              |
| Points       | <b>1pt:</b> includes at least ONE of the words from the key phrases |
| Note         | Students do not need to answer in a complete sentence.              |

(Q2) Based on the passage, what are two ways gamers perform better than non-gamers?

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model Answer | Playing video games can (i) make task switching more efficient and (ii) make gamers better at processing visual information quickly<br><br>OR<br><br>Gamers can become better at (i) task switching and (iii) ignoring distractions                                               |
| Key Phrases  | (i) better/enhance/more efficient/more easily - task switching/switching tasks/changing tasks<br>(ii) process/processing - visual information/what they see - more quickly/quicker/faster<br>(iii) better/more easily/more capable – avoiding distractions/not getting distracted |
| Points       | <b>1pt:</b> Answers with only ONE of the key phrases (i), (ii), or (iii)<br><b>2pts:</b> Answers with TWO or more of the key phrases (i), (ii), or (iii)                                                                                                                          |
| Note         | Students do not need to answer in a complete sentence.                                                                                                                                                                                                                            |

---

(Q3) This passage is a part of an essay. Inferring from the passage, what is most likely to be discussed in the paragraph that begins with the incomplete sentence “However, ...”

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model Answer | The paragraph will discuss (i) research studies about (ii) how video games can be bad for you.<br><br>OR<br><br>It will talk about (i) researchers who have found (ii) negative effects from playing video games.                                                        |
| Key Phrases  | (i) research / studies / researchers / scientists / experiments / results<br>(ii) video games - can be bad / have negative effects / can harm gamers / can cause problems / can lower/harm cognitive abilities / counter arguments / are not helpful / opposing findings |
| Points       | <b>1pt:</b> Answers with only ONE of the key phrases (i) or (ii)<br><b>2pts:</b> Answers with BOTH of the key phrases (I) and (ii)                                                                                                                                       |
| Note         | Students do not need to answer in a complete sentence.                                                                                                                                                                                                                   |

## 7. 총 평

### [고등학교 영어교사 A]

평범한 고등학생이라면 누구나 직·간접적으로 흔히 접해봤을 Video Games를 소재로 한 지문으로, 소재에 대한 익숙함의 차이로 인해 학생들이 느꼈을 정서적 거리감의 차이는 거의 없었을 것으로 판단된다. 또한 대부분의 학생들이 학습했을 EBS 수능 연계교재 중 「2023 수능특강 영어영역 영어 7강 1번」과 「2023 수능완성 영어영역 영어 1부 4강 2번」에서 Video Games가 갖는 학습과 관련된 장점과 활용 가능성에 대해서 설명하고 있기 때문에 지문의 소재, 주제, 논리적 흐름의 측면에서 ‘학습자 중심의 친숙한’ 제시문 이라고 평가할 수 있다.

제시문에 사용된 어휘 중 capabilities와 cognitive를 제외한 모든 어휘는 고등학교 영어과 교육과정상의 ‘[별표 3]기본어휘목록’에 포함되어 있으며, capabilities는 기본어휘목록 중 capable을 통해 유추할 수 있고 cognitive는 2023학년도 EBS 수능 연계교재에만 24회 사용된 빈출 어휘이므로 학생들이 이해하는 데 어려움이 없었을 것으로 판단된다. 또한 제시문에서 cognitive abilities는 지시형용사인 These와 함께 사용되었기 때문에 기본적인 독해 능력을 갖춘 학생이라면 cognitive의 의미를 모른다고 가정하더라도 cognitive abilities가 선행하는 문장의 mental abilities와 유사한 의미라는 것을 어렵지 않게 추론할 수 있을 것이다.

제시문을 이루는 대부분의 문장이 20단어 내외로 이루어져 있으며, 비교급, 접속사절, 병렬구조, 삽입구 등 교과서 독해지문에 흔히 사용되는 익숙한 구조로 구성되어 있어 학교에서 이루어지는 교육과정을 이수하며 교과서를 학습한 학생이라면 제시문을 이해하는데 수월했을 것으로 판단된다.

제시문의 어휘와 문장의 수준을 고려했을 때 본 문항은 기본적인 독해 능력과 종합적 사고능력, 그리고 이를 바탕으로 한 표현능력을 측정하는 것을 그 목표로 하고 있으며, 이는 영어과 교육과정상의 평가 방향 중 “듣기, 말하기, 읽기, 쓰기의 개별 기능에 대한 평가뿐 아니라 두 가지 이상의 기능을 통합한 평가도 적절히 실시한다.”는 내용에 매우 부합한다고 볼 수 있다.

### [고등학교 영어교사 B]

EBS 2023학년도 수능특강 영어영역 영어 - 주제·소재편 (물리, 화학, 생명과학, 지구과학)  
‘동물은 새로운 자극을 조심해서 다루지만, 그 자극이 위협적이지 않으면 활동을 계속하는 것이 더 가치 있을 수도 있다.’라는 주제와 직접적인 관련성은 없지만 게임으로 인한 우리의 운동신경, 집중력, 정보처리, 두뇌 발달 등에 미치는 긍·부정적인 내용에 대한 글로써 과학 영역과 영어의 기본적인 독해력 측정에 적절한 면접 문항으로 판단된다. 특히, ‘cognitive’라는 어휘는 EBS 수능특강 ‘영어’교재 한 권에서 10회 이상 정도 출현할 정도로 빈도수가 높은 단어로 ‘mental’을 대체어로 생각해 내는 데에도 무리가 없을 것으로 보인다. 또한 두 번째, 세 번째 문항의 예상 답안으로 제시하는 ‘better/enhance/more efficient’와 같은 어휘 또한 고등학교 교과서와 EBS 교재에 출현 빈도가 높아 무난해 보인다.

---

고등학교 3학년 교과서 읽기 지문 수준의 어휘와 문장 난이도, 학습자 중심의 친숙한 주제, 두 가지 이상의 기능을 통합한 평가항목 등 본 문항이 보여주고 있는 특성을 고려했을 때 영어과 교육과정(제2020-255호)을 기반으로 고등학교 교육과정에 충실하게 출제되었으며, 정상적인 학교 교육과정을 이수한 학생들이 답변하는 데 무리가 없는 문항이라고 판단된다.



|            |                            |
|------------|----------------------------|
| 학업 외<br>역량 | 2023학년도 학사과정 학업외역량 공통문제(2) |
|            | 학교장추천 · 고른기회전형             |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 문제 | <p>모든 것은 농담 한마디에서 시작되었다. 2011년 스웨덴 칼스코가시의 공무원들은 성평등 지침에 따라 모든 정책을 성인지적 관점에서 재평가해야 했다. 이 엄정한 잣대에 의해 정책 하나하나가 평가받는 동안 한 불운한 공무원이 웃으면서, 적어도 제설 작업은 ‘젠더 감시단’이 건들지 않을 문제 아니냐고 말했다. 안됐지만 그의 말을 듣고 젠더 감시단은 다음과 같은 의문을 갖게 됐다. 제설은 성차별적인가?</p> <p>당시 스웨덴 칼스코가시의 제설 작업은 다른 지역과 마찬가지로 주도로에서 시작해 인도와 자전거도로에서 끝났다. 그러나 이것은 남자와 여자에게 각각 다른 영향을 미치고 있었다. 남자와 여자의 이동 성향이 다르기 때문이다.</p> <p>장기간에 걸친 성별 구분 데이터는 어느 국가에서도 구하지 못했지만 우리가 입수한 데이터에 따르면 여자들은 국적에 상관없이 남자들보다 걷거나 대중교통을 이용하는 경향이 높다. 프랑스에서는 대중교통 이용자의 3분의 2가 여자다. 미국 필라델피아와 시카고의 경우 그 수치는 각각 64%와 62%다. 한편 남자들은 국적에 상관없이 직접 운전하는 경향이 높고 자가용을 소유한 가구에서는 남자가 거의 독점적으로 자동차를 사용한다. 스웨덴에서도 마찬가지다.</p> <p>이동 방식만 다른 것이 아니다. 남자와 여자가 이동하는 이유 또한 다르다. 남자들은 아주 단순한 이동 패턴을 보인다. 하루에 두 번, 시내로 들어왔다가 시외로 나간다. 하지만 여자들의 이동 패턴은 좀 더 복잡하다. 여자가 세계 무급 돌봄노동의 75%를 담당한다는 사실이 이동 패턴에 영향을 미친다. 예를 들면 여성의 전형적인 이동 패턴에는 출근길에 자녀를 학교에 데려다주기, 노인 가족을 병원에 데려다주기, 퇴근길에 장보기가 포함된다. 이것을 연쇄 이동이라고 한다. 여러 번의 짧은 이동이 꼬리에 꼬리를 무는 패턴으로, 전 세계 여자들에게서 관찰된다.</p> <p style="text-align: right;">&lt;캐럴라인 크리아도 페레스 저 ‘보이지 않는 여자들’에서 발췌 및 일부변형&gt;</p> |
| 질문 | <p>위의 지문을 읽고, 아래의 질문에 답하십시오.</p> <p>문제 1) ‘젠더 감시단’은 왜 제설 작업에 성인지적 관점이 필요하다고 보았는가?</p> <p>문제 2) 칼스코가시의 그 불운한 공무원은 ‘젠더 감시단’과의 대화 끝에 다음의 질문을 했다. “그렇다면 우리 시의 제설 순서는 어떻게 설계되어야 하나요?” 당신이 최종 의사결정을 해야 하는 시의원이라면 어떻게 답하겠는가?</p> <p>문제 3) 이번에는 본인이 한국 제주도 서귀포시의 시의원이라고 하자. 서귀포시에 2022년 12월 24일 토요일 약 8cm의 눈이 내렸다면 제설 순서를 어떻게 설계하겠는가?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |