하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	전류의 방향은 (B), 자기장의 방향은 (C)를 선택하였다.	1점
	반자성을 선택하였다.	1점
문제 2	(E)는 멈춰있는 경우를, (F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽으로 결정하였다.	1점
	(1)은 부도체이고 (2)는 도체임을 설명하였다.	1점
	(1)은 상자성이며 (2)는 반자성임을 설명하였다.	1점
	(1)은 종이, (2)는 구리를 선택하였다.	1점
	풀이 과정이 논리적이다.	1점

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

A+ : 7점
A : 6점
B+ : 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

문제 1

구리 코일을 빠른 속도로 가까이 가져가는 경우 구리 코일 내부의 자기선속이 증가하게 된다. 렌츠의 법칙에 따르면, 코일에서는 이러한 자기선속의 증가를 방해하는 방향인 **(C)방향의 자기 선속**이 생기게 되며, 이를 위해서 **(B)방향의 전류**가 흐르게 된다.

만약 이를 원자 내 전자의 궤도라고 가정하고 자성을 이해하는 경우 외부 자기장을 감소시키는 방향으로 자성이 생성되므로 **반자성**에 대응해 볼 수 있다.

문제 2

(1)은 원기둥이 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 같은 운동 상태를 보이므로 유도전류에 의한 자기장이 없다. 따라서 **(1)은 부도체이고, (E)는 멈춰있는 운동 상태**를 나타낸다.

반면, (2)가 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 서로 다른 운동 상태를 가지므로 **(2)는 도체**이다. 도체의 경우 자석에 가까이 갈 때는 자석이 왼쪽으로 움직이고, 자석에서 멀어질 때는 자석이 오른쪽으로 움직이므로 **(F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽**을 나타낸다.

또한, (1)은 가까이 멈춰있을 때 물체에 가까운 쪽(F)으로 움직이므로, 상자성 물질임을 알 수 있다. 반면에 (2)는 먼 쪽(G)으로 움직이므로 반자성 물질임을 알 수 있다.

이상의 두 논의를 통해서 **(1)은 상자성이면서 부도체**, **(2)는 반자성이면서 도체**인 물질임을 알 수 있다.

따라서 문제에 제시된 물질 중에 **(1)은 종이**가 **(2)는 구리**가 해당된다.

▶ 문항카드 7

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B 수학/문제 1, 문제 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 삼각함수의 덧셈정리, 합성함수의 미분법, 사인법칙, 코사인법칙, 접선의 방정식
예상 소요 시간	70분	

2. 문항 및 제시문

제시문 1

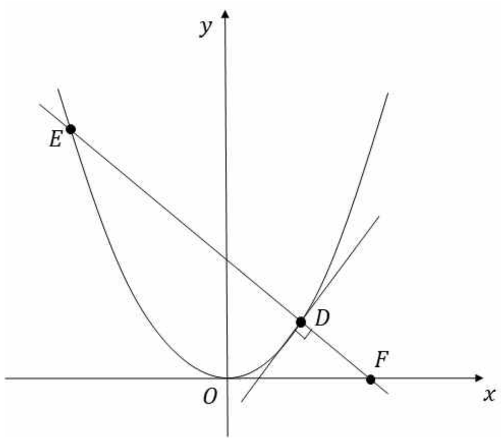
(가) 함수 $f(x)$가 $x=a$에서 미분가능할 때, 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $(a, f(a))$에서의 접선의 기울기는 $f'(a)$이므로 접선의 방정식은 다음과 같다.

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

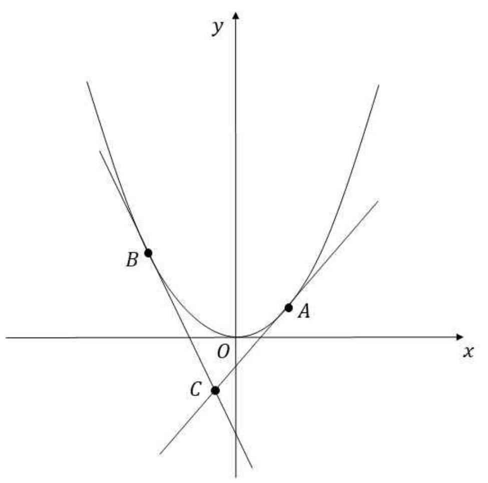
(나) [그림 1]은 곡선 $y=x^2$을 나타낸 것이다. 점 D는 제1사분면에 있는 곡선 $y=x^2$ 위의 한 점이다. 점 D에서 곡선 $y=x^2$의 접선에 수직한 직선이 곡선 $y=x^2$과 제2사분면의 점 E에서 만나고, x축과 점 F에서 만난다.

(다) [그림 2]는 곡선 $y=x^2$을 나타낸 것이다. 이 곡선 위의 서로 다른 두 점 A와 B에서의 접선의 교점이 C이다.

1 / 5



[그림 1]



[그림 2]

문제 1-1

제시문 1의 (나)에서 $\overline{ED}$: $\overline{DF}$ $= 3:1$일 때, 점 D의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 1-2

제시문 1의 (다)에서 점 A와 점 B의 x좌표를 각각 a와 b라 하자. a와 b가 다음을 만족할 때 두 접선의 교점 C로 이루어진 영역의 넓이를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

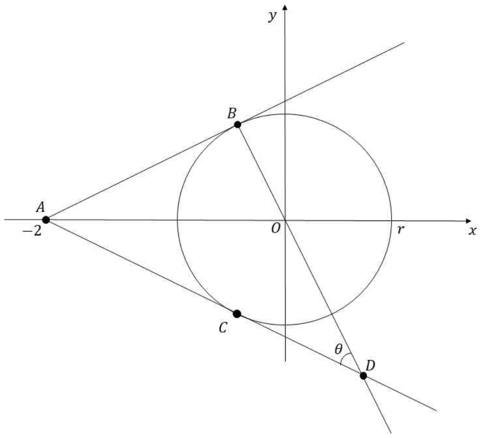
$$1 \le a \le 2,\ -2 \le b \le -1$$

제시문 2

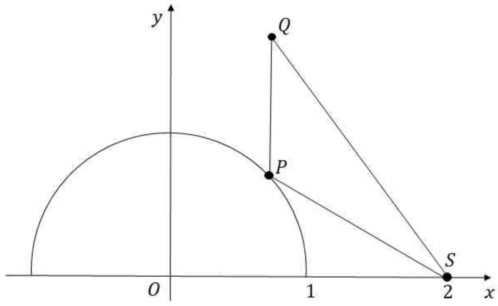
(가) 좌표평면 위에서 x축의 양의 방향을 시초선으로 잡았을 때, 일반각 θ를 나타내는 동경과 원점 O를 중심으로 하고 반지름의 길이가 r인 원의 교점을 $P(x, y)$라 하면 $\frac{y}{r}$, $\frac{x}{r}$, $\frac{y}{x}\,(x \ne 0)$의 값은 r의 값과 관계없이 θ의 값에 따라 각각 하나로 정해진다. 이 함수를 차례로 θ에 대한 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수라 하고, 기호로 각각 $\sin\theta = \frac{y}{r}$, $\cos\theta = \frac{x}{r}$, $\tan\theta = \frac{y}{x}\,(x \ne 0)$로 정의하고, 이 함수들을 통틀어 θ에 대한 삼각함수라 한다.

(나) [그림 3]은 중심이 원점 O인 원과 점 $A(-2, 0)$을 나타낸 것이다. 점 A에서 원에 그은 두 접선과 원이 만나는 점이 각각 B, C이다. 직선 BO와 직선 AC의 교점이 D이다. 원의 반지름이 r일 때, $\angle CDO$의 크기가 θ이다.

(다) [그림 4]는 중심이 원점 O이고 반지름의 길이가 1인 반원과 점 $S(2, 0)$을 나타낸 것이다. 점 P는 반원 위에 있다. 선분 PQ는 y축과 평행하고 점 Q의 y좌표는 점 P의 y좌표보다 1만큼 크다.



[그림 3]



[그림 4]

문제 2-1

제시문 2의 (나)에서 $r = 1$ 일 때 $\dfrac{d\theta}{dr}$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (다)에서 $\angle PSQ$ 의 크기가 최소일 때 점 P 의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1]

곡선 위의 점에서의 접선의 기울기가 미분계수임을 활용하여 관련된 문제를 풀 수 있는지 알아본다. 매개변수로 주어진 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 구하고, 직선과 곡선의 교점을 구하고, 점과 직선, 곡선 사이의 위치 관계를 수식으로 잘 기술하고 또한 풀이 과정을 논리적으로 잘 설명할 수 있는지 평가한다.

[문제 2]

삼각함수를 이해하고, 삼각함수의 덧셈정리, 코사인법칙을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다. 여러 가지 함수의 미분법을 이해하고, 합성함수의 미분법을 활용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-205호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	미적분 - (2)미분법 - 3 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 1-2	미적분 - (2)미분법 - 3 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 2-1	수학 Ⅰ-(2)삼각함수-1 삼각함수 [12수학Ⅰ02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. 미적분-(2)-미분법-1 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다.
문제 2-2	수학 Ⅰ-(2)삼각함수-1 삼각함수 [12수학Ⅰ02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. [12수학Ⅰ02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. 미적분-(2)-미분법-1 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (2)미분법 - 2여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 Ⅰ	류희찬 외	천재교과서	2018	78
	수학 Ⅰ	홍성복 외	지학사	2018	70, 99
	수학 Ⅰ	김원경 외	비상교육	2018	65, 100
	미적분	황선욱 외	미래엔	2019	106
	미적분	이준열 외	천재교육	2019	108, 100
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1]

도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 점의 위치를 매개변

수로 나타내고 미분계수가 접선의 기울기임을 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2]
도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 함수의 개형을 파악하고, 점의 위치에 따라 접선이 어떻게 변화하는지를 이해하고 이를 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1]
미분을 이용하여 접선의 방정식을 구하고, 삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 구하고자 하는 각의 크기를 원의 반지름에 대한 식을 구한 후, 합성함수의 미분을 이용하고 활용할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-2]
삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리와 코사인법칙을 활용하여 식을 구한 후, 합성함수의 미분법을 활용하여 최솟값을 구할 수 있는지 확인한다.

6. 채점 기준 *※ 선다형의 경우 생략 가능*

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타내었으나 식이 틀림 D: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타냄 C: 세 점 D, E, F 중 2개 이상의 점의 좌표를 매개변수로 나타냄 B: 세 점 D, E, F의 좌표를 모두 매개변수로 나타냄 B+: B와 더불어 세 점의 좌표 사이의 관계를 하나 이상 밝혀냄 A: B와 더불어, 점 D의 좌표를 구하였으나 값이 틀림 A+: 앞의 과정을 거쳐 D의 좌표 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$을 구함	10
1-2	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (-2,4)에서의 포물선의 접선 중 하나 이상을 구함 D: 네 점 (1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)에서의 포물선의 접선을 2개 이상 구하고 접선의 교점을 하나라도 구함 C: 포물선의 접선 4개를 모두 구함 B: 네 점 (1,1), (-1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선을 4개 모두 구하고, 접선의 교점을 하나 이상 구함 B+: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선 4개와 접선의 교점 4개를 모두 구함 A: B+와 더불어, 넓이를 구하였으나 값이 틀림 A+: 앞의 과정을 거쳐 넓이 $\frac{3}{2}$을 구함	15

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

1	5

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: $\sin\alpha$나 $\cos\alpha$를 r로 표현하거나 $\alpha = \frac{\pi}{6} = \theta$등의 간단한 식을 구함 D: 사인함수의 덧셈정리를 사용하여 $\sin 2\alpha$를 계산함 C: D와 더불어 $\cos\theta$를 구함 B: C와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$이나 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$을 구함 B+: B와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$와 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$을 모두 구함 A: B+와 더불어 식을 다 구했으나 답이 틀림 A+: A와 더불어 $-\frac{2\sqrt{3}}{3}$을 구함	20
2-2	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 점 P나 Q의 좌표를 구함 D: $\tan\alpha_1$이나 $\tan\alpha_2$를 구함 C: 탄젠트함수의 덧셈정리를 이용하여 $\tan\alpha$를 구함 B: C와 더불어 합성함수의 미분을 이용하여 $\tan\alpha$의 미분을 구함 B+: B와 더불어 임계점을 구하는 근을 구함 A: B+와 더불어 P의 x좌표나 y좌표를 구함 A+: 앞의 과정을 거쳐 P 의 좌표 $\left(\frac{2-6\sqrt{3}}{13}, \frac{3+4\sqrt{3}}{13}\right)$을 구함	25

7. 예시 답안 혹은 정답 *※ 선다형의 경우 정답만 기입*

[1-1]

D의 좌표를 $D(t,t^2)$라 하자. (t는 양수)

먼저, 점 E, F의 좌표를 t로 나타내자.

D, E, F를 지나는 직선을 l이라 하자.

1 5

D에서의 접선의 기울기가 $2t$이므로 l의 기울기는 $-\frac{1}{2t}$이다.

직선 l이 D를 지나므로 직선의 방정식은 $y-t^2=-\frac{1}{2t}(x-t)$이다

직선의 식에 $y=0$을 대입하면 $x=t+2t^3$이므로 F의 좌표는 $F(t+2t^3, 0)$이다.

이제 E의 x좌표를 구하자. 직선의 식에 포물선의 식 $y=x^2$를 대입하면

$x^2-t^2=-\frac{1}{2t}(x-t)$에서 $(x-t)(x+t)=-\frac{1}{2t}(x-t)$이다.

E의 x좌표를 구하기 위해서는 $x\neq t$인 경우만 생각하면 되므로 $x+t=-\frac{1}{2t}$에서 $x=-t-\frac{1}{2t}$이다. 따라서 E의 좌표는 $E\left(-t-\frac{1}{2t}, \left(t+\frac{1}{2t}\right)^2\right)$이다.

지금까지 계산한 점의 좌표는 아래와 같다.

$$D(t, t^2),\quad E\left(-t-\frac{1}{2t}, \left(t+\frac{1}{2t}\right)^2\right),\quad F(t+2t^3, 0)$$

점 D, E에서 x축에 내린 수선의 발을 D_1, E_1이라 하자.

D, E, F가 일직선상에 있으므로 삼각형 EE_1F와 삼각형 DD_1F는 닮은꼴이고, 닮음비는 $\frac{\overline{EF}}{\overline{DF}}=\frac{\overline{ED}+\overline{DF}}{\overline{DF}}=\frac{3+1}{1}=\frac{4}{1}$이다.

따라서 $\overline{EE_1} : \overline{DD_1} = 4:1$이고, 선분 $\overline{DD_1}$, $\overline{EE_1}$의 길이가 각각 D, E의 y좌표이므로

$\frac{4}{1}=\frac{\overline{EE_1}}{\overline{DD_1}}=\frac{\left(t+\frac{1}{2t}\right)^2}{t^2}=\frac{4t^4+4t^2+1}{4t^4}$이다.

따라서 $12t^4-4t^2-1=0$, $(2t^2-1)(6t^2+1)=0$, $t^2=\frac{1}{2}$이다.

그런데 t가 양수이므로 $t=\frac{1}{\sqrt{2}}$이고 D의 좌표는 $(t, t^2)=\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$이다.

[1-2]

점 A, B의 좌표를 각각 (a, a^2), (b, b^2)이라 하자.

C의 좌표를 (c_1, c_2)라 하고 c_1, c_2를 a, b로 나타내자.

점 A에서의 접선은 $y-a^2=2a(x-a)$에서 $y=2ax-a^2$이다.

같은 방법으로 점 B에서의 접선은 $y=2bx-b^2$이고, 이 두 개의 식을 연립하여 풀면 $x=\frac{a+b}{2}$, $y=ab$이다.

따라서 $c_1=\frac{a+b}{2}$, $c_2=ab$이고 C의 좌표는 $\left(\frac{a+b}{2}, ab\right)$이다.

$1\le a\le 2$, $-2\le b\le -1$이므로 C의 y좌표인 ab는 음수이므로, C는 x축의 아래에 있다.

$a=1$일 때 A에서의 접선은 $y=2x-1$이고 a가 증가하면 접선의 x축의 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $a=2$일 때 $y=4x-4$가 된다.

비슷하게, $b=-1$일 때 B에서의 접선은 $y=-2x-1$이고 b가 감소하면 접선의 x축 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $b=-2$일 때 $y=-4x-4$가 된다.

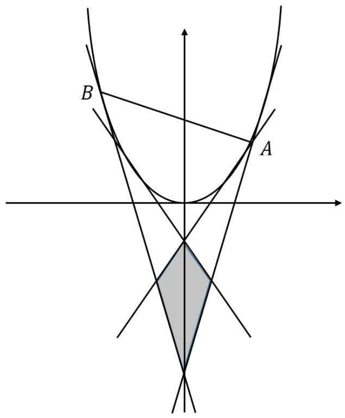
따라서 C가 속하는 영역은 네 점 (1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)에서의 접선들인 아래 네 직선으로 둘러싸여 있고 x축 아래에 있는 부분이다. ([그림 A]의 채색된 부분)

$$y=2x-1,\quad y=-2x-1,\quad y=4x-4,\quad y=-4x-4$$

위 네 직선의 교점들 중 x축의 아래에 있는 것은 다음과 같다.

$$(0,-1),\ (0,-4),\ \left(\frac{1}{2},-2\right),\ \left(-\frac{1}{2},-2\right)$$

이 네 점을 꼭짓점으로 하는 사각형 영역의 넓이는 $\frac{3}{2}$이고, 이것이 구하는 답이다.



[그림 A]

[2-1]

$\angle BAO$의 크기를 α라고 하자. $2\alpha+\theta=\frac{\pi}{2}$이다.

직각삼각형 ABO에서

$\sin\alpha=\frac{r}{2}$이고 $\cos\alpha=\frac{\sqrt{4-r^2}}{2}$이다.

삼각함수의 덧셈정리에 의하여

$\sin 2\alpha=\sin(\alpha+\alpha)=\sin\alpha\cos\alpha+\cos\alpha\sin\alpha=2\sin\alpha\cos\alpha=\frac{r\sqrt{4-r^2}}{2}$이다.

따라서 $\cos\theta=\sin\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)=\sin 2\alpha=\frac{r\sqrt{4-r^2}}{2}$이고,

$\frac{d(\cos\theta)}{dr}=\frac{1}{2}\left(1\cdot\sqrt{4-r^2}+\frac{r(-2r)}{2\sqrt{4-r^2}}\right)=\frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$이다.

또한, 합성함수의 미분법에 의하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr}=-\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$ 이다.

따라서 $-\sin\theta\frac{d\theta}{dr}=\frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$이고, $\frac{d\theta}{dr}=\frac{r^2-2}{\sqrt{4-r^2}}\cdot\frac{1}{\sin\theta}$이다.

$r=1$일 때 $\sin\alpha = \frac{1}{2}$이므로 $\alpha = \frac{\pi}{6}$이고, 이 때 $\theta = \frac{\pi}{6}$이고, $\sin\theta = \sin\frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$이다.

따라서 $r=1$일 때 $\frac{d\theta}{dr} = \frac{1-2}{\sqrt{4-1}} \cdot 2 = -\frac{2}{\sqrt{3}} = -\frac{2\sqrt{3}}{3}$이다.

[2-2]

$P(\cos\theta, \sin\theta)$, $0 \le \theta \le \pi$ 라고 두면 $Q(\cos\theta, \sin\theta + 1)$

점 P에서 x축 위로 내린 수선의 발을 H라고 하고, $\angle SQH = \alpha_1$, $\angle PQH = \alpha_2$, $\angle SQP = \alpha$라 하자.

$\tan\alpha_1 = \frac{\sin\theta + 1}{2-\cos\theta}$

$\tan\alpha_2 = \frac{\sin\theta}{2-\cos\theta}$ 이므로

$$\tan\alpha = \tan(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2}{1+\tan\alpha_1\tan\alpha_2}$$

$$= \frac{\frac{\sin\theta+1}{2-\cos\theta} - \frac{\sin\theta}{2-\cos\theta}}{1+\frac{\sin\theta+1}{2-\cos\theta}\frac{\sin\theta}{2-\cos\theta}}$$

$= \frac{2-\cos\theta}{5-4\cos\theta+\sin\theta}$이다.

양변을 미분하면

$$\sec^2\alpha\,\alpha'(\theta) = \frac{\sin\theta(5-4\cos\theta+\sin\theta)-(2-\cos\theta)(4\sin\theta+\cos\theta)}{(5-4\cos\theta+\sin\theta)^2}$$

$= \frac{-3\sin\theta-2\cos\theta+1}{(5-4\cos\theta+\sin\theta)^2} = 0$을 얻는다.

따라서 $3\sin\theta + 2\cos\theta - 1 = 0$ (*)

$\cos\theta = \pm\sqrt{1-\sin^2\theta}$ 로 (*)를 치환하면 $2\sqrt{1-\sin^2\theta} = 1-3\sin\theta$이다.

양변을 제곱하면 $4(1-\sin^2\theta) = 1-6\sin\theta + 9\sin^2\theta$

정리하면 $13\sin^2\theta - 6\sin\theta - 3 = 0$이다.

2차 방정식의 근의 공식을 이용하여 $\sin\theta = \frac{3\pm\sqrt{48}}{13}$를 얻는다.

그러나 $0 \le \theta \le \pi$에서 $\sin\theta \ge 0$이므로 $\sin\theta = \frac{3+4\sqrt{3}}{13}$가 y좌표이다.

이때, x좌표를 구하기 위해서 (*)를 이용하면 $\cos\theta = \frac{1}{2}(1-3\sin\theta) = \frac{2-6\sqrt{3}}{13}$이다.

그러므로 $\angle PSQ$가 최소일 때 P의 좌표는 $\left(\frac{2-6\sqrt{3}}{13}, \frac{3+4\sqrt{3}}{13}\right)$이다.

▶ 문항카드 8

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	☑ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B (생명과학 I) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	우성, 열성, 염색체, 유전병, 면역, 항원, 항체, 백신, 감염성 질병
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

제시문

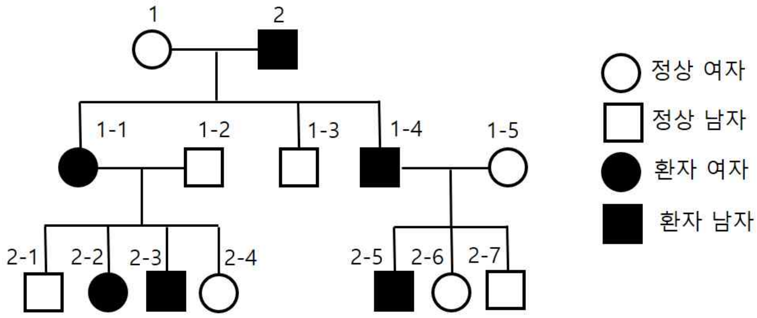
(가) 한 대립유전자 쌍에서 두 대립유전자가 서로 다를 때 표현형으로 나타나는 형질을 우성, 나타나지 않는 형질을 열성이라고 한다. 사람의 염색체 중 22쌍의 상염색체는 성별과 관계없이 공통으로 존재하므로 상염색체 상의 유전자가 자손에서 특정 표현형으로 나타날 확률은 성별과 관계없이 같다. 사람의 성염색체는 1쌍으로 성염색체의 구성은 남자는 XY, 여자는 XX이다. 딸은 어머니와 아버지로부터 X 염색체를 한 개씩 물려받지만, 아들은 어머니로부터 X 염색체를, 아버지로부터 Y 염색체를 물려받는다. 유전자의 돌연변이는 유전자를 구성하는 DNA의 염기서열에 이상이 생긴 돌연변이로 유전자의 유전정보가 바뀌면 단백질이 생성되지 않거나 정상적인 기능을 하지 못하는 단백질이 생성될 수 있으며, 이로 인해 유전병이 나타날 수 있다.

(나) 항원이 처음 체내에 침입하면 B 림프구가 형질 세포로 분화되어 이 항원에 대한 항체를 형성하는데, 이 반응을 1차 면역 반응이라고 한다. 1차 면역 반응에서는 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 1차 면역 반응에서 B 림프구의 일부는 항원 특성을 기억하는 기억 세포로 분화된다. 동일한 항원이 다시 침입하면 그 항원에 대한 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화되어 많은 수의 형질 세포가 형성된다. 이에 따라 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 지는데, 이 반응을 2차 면역 반응이라고 한다.

문제 1 그림은 어떤 집안의 질병 H에 관한 가계도이다. 질병 H는 한 쌍의 대립유전자로 결정되는 유전병이다.

(1) 아래의 가계도로부터 질병 H가 상염색체 유전인지 성염색체 유전인지, 또한 우성 형질인지 열성 형질인지 가능한 모든 유전 방식을 쓰고, 그 이유를 제시문 (가)에 근거하여 설명하시오. (대립 유전자 표기는 우성일 경우 H, 열성일 경우 h로 표시하시오)

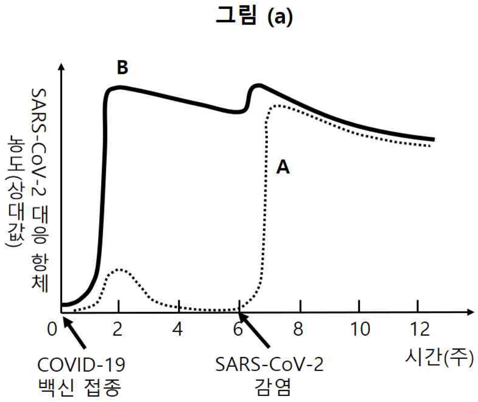
(2) 가계도의 1-1과 1-2 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 질병 H가 나타날 확률을 문제 1-(1)에서 얻어진 유전 방식 별로 구하고 설명하시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다)

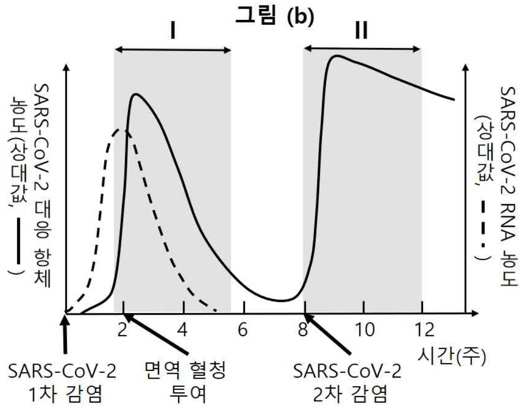


문제 2 현재 유행 중인 코로나바이러스 질병 2019(COVID-19)의 원인인 SARS-CoV-2 바이러스는 RNA를 유전물질로 가지는 바이러스이다. 상용화된 백신이 아직 없는 상황에서 COVID-19로부터 완치된 사람의 혈청을 COVID-19 감염 환자에게 투여하는 혈청 치료가 시도되고 있다. 혈청은 혈장에서 혈액의 응고 성분을 제거한 것으로 면역에 관여하는 항체 등이 들어있다. 그림 (a)는 COVID-19 백신이 상용화되어 시험자 A와 B에게 투여했을 때 바이러스 대응 항체의 농도 변화 그래프이다. 그림 (b)는 COVID-19 완치자의 혈청으로 치료를 받은 COVID-19 감염 환자(시험자 C)의 체내 SARS-CoV-2 바이러스 RNA 유전물질의 양과 대응 항체의 농도를 나타낸 것이다. 단, 그림 (b) 구간 II의 바이러스 RNA 유전물질의 양은 나타내지 않았다. 제시문 (나)에 근거하여 아래의 질문에 답하시오.

(1) COVID-19 백신 접종을 받은 시험자 A와 B가 6주째에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염되었다고 하자. 그림 (a)에서 COVID-19 백신 접종 이후 시험자 A와 B의 대응 항체의 농도가 시간에 따라 서로 다르게 나타나는 이유를 설명하시오.

(2) 시험자 C가 SARS-CoV-2 바이러스에 두 번에 걸쳐 감염되었다고 하자. 그림 (b)의 구간 I과 II에서 검출되는 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체 생성의 차이점을 설명하고, 바이러스 2차 감염 후 체내 바이러스 RNA 유전물질 양의 변화를 1차 감염과 비교하여 구간 II에 그래프로 나타내고 설명하시오.





3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

문제1) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 유전 부분 중에 사람의 유전과 염색체 이상과 유전자 이상을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 가계도를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 적절하게 설명할 수 있는지 평가한다.

문제2) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 방어 작용 부분 중에 병원체의 종류와 특성 및 예방접종의 원리와 백신을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 실험 데이터를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 생명 현상을 설명할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
성취기준/ 영역별 내용	문제 1. 교육과정 문서 (4) 유전 (172쪽) [12생과 I 04-03] 사람의 유전 현상을 가계도를 통해 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다. [12생과 I 04-04] 염색체의 이상과 유전자의 이상에 의해 일어나는 유전병의 종류와 특징을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다. 문제 2. 교육과정 문서 (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과 I 03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어작용과 비특이적 방어작용을 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.

제시문 및 모든 하위 문항에 해당되는 출제근거를 제시

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학I	전상학 외 7인	지학사	2018	98, 134
	고등학교 생명과학I	오현선 외 5인	미래앤	2018	141
	고등학교 생명과학I	이용철 외 3인	와이비엠	2019	141
	고등학교 생명과학I	김윤택 외 4인	동아출판	2018	101
기타					

5. 문항 해설

● **문항 해설**

문제1은 비감염성질병의 예로서 유전병과 문제2는 감염성질병의 예로서 바이러스성 질병에 관한 생명과학 지식을 유전과 면역의 관점에서 이해하는지 평가하고자 한다. 제시문은 고등학교 교과서에서 발췌된 내용

으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 문제 1은 유전자의 돌연변이로 유전병이 생기고 자손에게 전달되는 예를 제시한다. 이 과정에서 상염색체, 성염색체, 우성 및 열성 등의 유전현상을 이해하고 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가한다. 문제 2는 감염성 질병의 예방과 치료법과 그 원리를 이해하고 인체 면역 현상을 논리적으로 분석할 수 있는 지 평가한다.

● **성취수준 관련 해설**

문제 1의 질문에서, '상' 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다. 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다. 염색체 이상과 유전자 이상에 의해서 일어나는 유전병의 종류와 특성을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다. '중' 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. '하' 수준의 학생은 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. (12생과 I 04-02, 12생과 I 04-03, 12생과 I 04-04)

문제 2의 질문에서, '상' 수준의 학생은 감염성과 비감염성의 질병을 구분할 수 있으며, 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 백신의 작동 기작을 설명할 수 있다. '중' 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 설명할 수 있다. '하' 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 감염을 이해할 수 있다. (12생과 I 03-06, 12생과 I 03-06)

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	**[채점 요소]** 문제1 (배점 3) - 가계도를 이해하고 개인의 유전형의 분석을 통해 상염색체와 성염색체 유전 및 돌연변이 유전자의 위치 및 우성과 열성 여부를 결정했는가? - 부모의 유전형 분석을 통해서 자손의 유전병 발병 확률을 분석할 수 있는가? **[예시 답안]** (1) <u>질병H는 모든 유전양식 중 **상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.**</u> 질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재함으로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, **1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.**	3점

<table>
<tr>
<td></td>
<td>질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, 1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.

종합하면, 질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.

[채점 준거]
위 채점요소 중 질병 H의 유전양식이 “상염색체 우성이나 상염색체 열성”의 두 가지가 가능하다는 것을 제시하면 1점. 상염색체 우성과 상염색체 열성이 가능한 설명까지 옳으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

(2) 1-1과 1-2 부부의 새 아기가 질병 H를 가질 확률은 모두 50%이다.
상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다.
상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, 새 아이가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.

[채점 준거]
새 아이의 질병 H를 가질 확률이 50% 임이 옳으면 1점을 부여함.</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>문제 2</td>
<td>[채점 요소]
문제2
- 1차 면역 반응과 2차 면역 반응의 항체 형성의 효율 차이를 이해하여 2차 반응 시 항체의 양이 많이 생성됨을 설명했는가?
- A와 다르게 B는 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스 항원에 노출된 적이 있음을 추론했는가?
- I 부위에 존재하는 대부분의 COVID-19 항체는 완치 환자의 면역 혈청에서 왔으며, II 부위의 COVID-19 항체는 1차 감염에서 생성된 기억 세포로부터 체내에서 형성된 항체임을 설명하였는가?
- 1차 감염 시는 약한 면역 반응으로 체내에 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하면서 바이러스 유전물질인 RNA가 다량 존재하며 면역 혈청 치료로 급격히 떨어지고, 2차 감염 시는 강한 2차 면역 반응으로 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하지 못하고 빠르게 사멸함을 설명하고 그래프 상에서 표현할 수 있는가?

[예시 답안]
(1) 시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 6주차에</td>
<td>4점</td>
</tr>
</table>

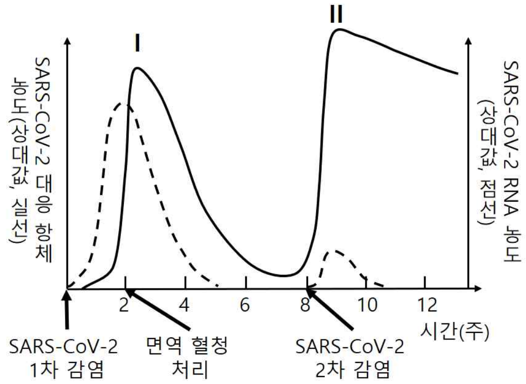
SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 **2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.**

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. **시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.**

[채점 준거]
시험자 A에서 백신접종에 따른 1차 면역 반응의 항체 형성은 양이 적으며 바이러스 감염시 2차 면역 반응으로 항체 양이 많음을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함.
시험자 B는 백신접종 전에 바이러스에 이미 노출되어 백신 접종시 바로 2차 면역반응이 나타났음을 옳게 설명하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

(2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, **I지점와 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.**

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. **1차 감염 때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염 시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.**



	[채점 준거] 구간 I의 항체는 대부분이 완치자로부터 생성된 항체이고, 구간 II는 시험자 C에서 2차 면역 반응으로 생성된 자신의 항체임을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함. 구간 II에서 2차 면역 반응으로 항체가 급격히 늘어남에 따라 바이러스의 증식이 억제됨을 설명하고, 바이러스의 RNA 농도를 구간 I보다 작게 표시하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7. 예시 답안

[문제 1]

(1-1) 질병H는 모든 유전양식 중 **상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.**

질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재함으로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, **1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.**

질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, **1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.**

종합하면, **질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.**

(1-2) 1-1과 1-2 부부의 새 아기가 질병H를 가질 확률을 설명하시오.
상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다.
상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, **새 아이가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.**

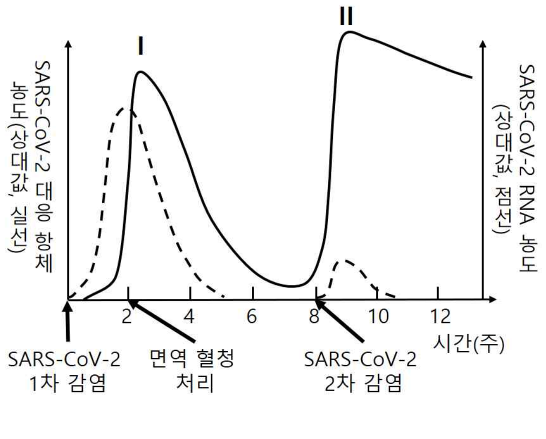
[문제 2]

(2-1) 시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 6주차에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. **시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.**

(2-2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, **I지점와 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.**

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. **1차 감염때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.**



▶ 문항카드 9

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B (화학) / 문제 1, 문제 2	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	산 염기의 정의, 산 염기 중화반응, 전자쌍 반발이론과 분자의 구조
예상 소요 시간	30 분	

2. 문항 및 제시문

제시문

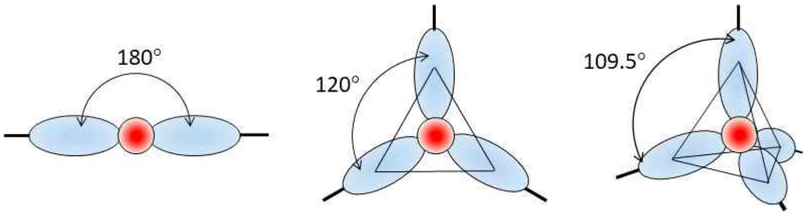
(가) 1923년 덴마크의 과학자 브뢴스테드와 영국의 과학자 로리는 산과 염기의 일반적인 정의를 제안하였다. 산은 반응 중 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 염기는 수소 이온을 받는 물질이라고 정의하였다. 예를 들어 HA와 B의 다음 반응에서, HA는 B에 H^+를 주므로 산이고, B는 HA로부터 H^+를 받으므로 염기이다. 역반응을 보면 HB^+는 A^-에 H^+를 주므로 산이고, A^-는 HB^+로부터 H^+를 받으므로 염기이다.

$$\mathrm{HA + B \rightleftarrows A^- + HB^+}$$

(나) 산과 염기가 반응하면 산이 내놓는 수소 이온(H^+)과 염기가 내놓는 수산화 이온(OH^-)이 수용액에서 반응하여 물(H_2O)을 생성하는데, 이를 중화반응이라고 한다. 중화 반응이 일어날 때 수소 이온과 수산화 이온은 항상 1:1의 개수비로 반응하므로, 반응하는 수소 이온과 수산화 이온의 양(몰)은 항상 같다. 따라서 1 몰당 n 몰의 H^+를 내놓는 산과 1 몰당 n' 몰의 OH^-를 내놓는 염기가 반응하여 완전히 중화할 때, 몰농도가 M인 산 V L와 몰 농도가 M'인 염기 V'L 가 반응하여 완전히 중화된다면, $nMV = n'M'V'$의 관계식이 성립한다.

(다) 분자의 구조는 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들의 반발을 고려하여 예측할 수 있다. 공유 결합으로 형성된 분자에서 전자쌍들은 그들 사이의 반발을 최소로 하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배치를 가지려고 하는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 중심원자를 둘러싸고 있는 전자쌍이 공유 전

자쌍만 있을 경우에, 공유 전자쌍이 2개일 때 전자쌍의 반발을 최소로 하기 위한 배치는 선형이 된다. 공유 전자쌍이 3개일 때는 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되며, 공유 전자쌍이 4개일 때는 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치된다.



선형　　　　평면 삼각형　　　　정사면체

중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 있을 때는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 구조가 달라진다. 중심 원자 주위에 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 존재하면 삼각뿔형, 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 존재하면 굽은 형이 된다.

문제 1　P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 이들 사이의 산-염기 반응식은 다음과 같다.

$$P + Q \rightleftarrows X + Y \qquad \text{(반응식 1)}$$

$$P + R \rightleftarrows Z + OH^- \qquad \text{(반응식 2)}$$

위 반응식에서 X와 Z는 양이온이고, Y는 음이온이다. 또한, 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다. X와 Z의 화학식과 구조를 제시문에 근거하여 설명하시오. 반응식 1에서 P와 Y는 각각 산으로 작용하는지 혹은 염기로 작용하는지 설명하시오.

문제 2　수용액 (I)은 0.1 M HCl이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$이다. 50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였다.
이 혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)이나 (II) 중에서 추가로 넣어주어야 할 수용액은 무엇이며 부피는 얼마일지 설명하시오.

3. 출제 의도

브뢴스테드 로리 산과 염기의 정의를 이해하고, 양쪽성 물질을 이해한다. 산 염기의 중화 반응에서 용액의 액성을 파악하고 양적관계를 계산할 수 있는지 평가한다. 또한 전자쌍 반발이론에 근거하여 분자의 구조를

파악할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학Ⅰ03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항1	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학Ⅰ03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항2	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 - 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.

※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학Ⅰ	최미화 외	미래엔	2018	164-1651 68-169 134-136
	고등학교 화학Ⅰ	박종석 외	비상교육	2018	148-1491 60-16112 3-125
	고등학교 화학Ⅰ	강대훈 외	와이비엠	2018	182-1831 86-18714 8-151
	고등학교 화학Ⅰ	이상권 외	지학사	2018	168-1691 70-171 133-136
	고등학교 화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2018	167-1681 76-17713 8-141
기타					

5. 문항 해설

1번 문항은 브뢴스테드 로리 산 염기의 정의 및 산 염기 물질 간의 반응을 이해하고 분자나 이온의 구조를 전자쌍 반발 이론으로 예측할 수 있는가를 묻는 문제이다.

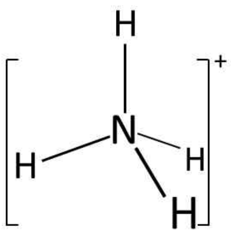
P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 생기는 반응식은 총 3가지 경우가 있다.

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$
$$H_2O + HCl \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$$
$$H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

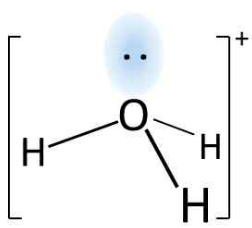
위의 세 가지 경우에서 문제의 두 번째 반응식처럼 OH^- 이 생성되는 경우는 한가지 밖에 없다. OH^- 이 생기려면 염기인 NH_3가 참여해야 하는데 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH^- 이 생성되지 않으므로 HCl과 반응하는 경우는 해당되지 않고, NH_3 와 H_2O 가 반응하는 경우이다.
따라서, P와 R은 각각 NH_3 와 H_2O 중의 하나 임을 알 수 있다. 아직까지는 어느 물질이 P이고 R인지는 알 수 없다.
남은 Q는 자연스럽게 HCl이 된다.

P와 R은 NH_3 와 H_2O 중에서 각각 어떤 물질인지 알기 위해서는 문제에 주어진 다음 조건을 이용해야 한다. 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 각 물질의 구조를 살펴보면 다음과 같다.

NH_4^+ 에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있으므로 사면체 이다.
H_3O^+ 에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 삼각뿔형이다.
NH_3 는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이다.
H_2O는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.

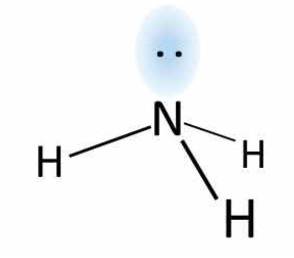


사면체

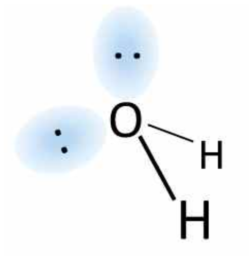


삼각뿔형

1 5



삼각뿔형



굽은 형

문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

이상의 정보를 정리하면
P는 H_2O, Q는 HCl, R은 NH_3
X는 H_3O^+, Y는 Cl^-, Z는 NH_4^+ 가 된다.

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$
$$H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

정반응과 역반응 모두에서 H^+를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로
반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.

$$\underset{\text{염기}}{H_2O} + \overset{\text{산}}{HCl} \rightleftarrows \underset{\text{산}}{H_3O^+} + \overset{\text{염기}}{Cl^-}$$

<u>따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.</u>

2번 문제는 중화반응에서의 산과 염기의 양적관계를 이해하고 계산하는지를 평가하는 문제이다.

수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$ 이다.
50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,
수용액 (I)에 들어있는 H^+의 총 몰수는 HCl 이 1가의 강산이므로,
$nMV = 1 \times 0.1\text{M} \times 50\text{mL} = 5\,\text{mmol}$ 이다.

1	5

수용액 (II)에 들어있는 OH^-의 총 몰수는 $Ba(OH)_2$ 이 2가의 강염기이므로,
$nMV = 2 \times 0.2\,\mathrm{M} \times 100\,\mathrm{mL} = 40\,\mathrm{mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가로 넣어주는 산의 몰수는 40 – 5 = 35 mmol 이고, 이를 수용액 (I)의 부피로 변환하면
$35\,mmol = 1 \times 0.1\,\mathrm{M} \times (\mathrm{x})\mathrm{mL}$

따라서 추가하는 수용액 (I)의 양은 350 mL 가 된다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

하위 문항	채점 기준	배점
1	X, Z의 화학식을 정확히 찾았는가? X, Z의 분자 구조를 정확히 찾았는가? X, Z의 화학식과 분자 구조를 논리적으로 유추하였는가? P, Y가 염기인지를 정확히 찾았는가? P, Y가 왜 염기인지를 논리적으로 설명하였는가?	1 1 1 1 1
2	수용액 (I)를 첨가하는 것을 찾았는가? 추가할 수용액 (I)의 양을 정확히 계산하였는가?	1 1

7점 : A+
6점 : A
5점 : B+
4점 : B
3점 : C
2점 : D
1점 : E
0점 : F

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

1) P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 두 번째 반응식처럼 OH^-이 생성되는 경우는 염기인 NH_3가 참여하는 경우이다. 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH^-이 생성되지 않으므로 OH^- 이 생성되는 경우는 NH_3 와 H_2O 가 반응하는 경우이다. 따라서, P와 R은 각각 NH_3 와 H_2O 중의 하나 임을 알 수 있다.
그러므로 Q는 자연스럽게 나머지 HCl이 된다.

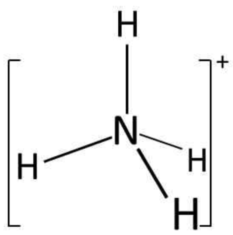
첫 번째 반응식은 P와 Q의 반응식이므로 NH_3 혹은 H_2O 과 HCl 과의 반응이다. 이들 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

(경우 1) $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

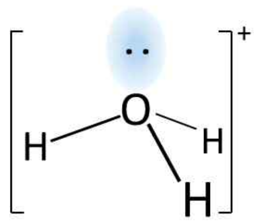
(경우 2) $H_2O + HCl \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

두 경우에서 생성되는 양이온 X는 NH_4^+ 혹은 H_3O^+ 이다.

두 양이온의 루이스 점전자식을 생각해보면 NH_4^+ 에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있고, H_3O^+ 에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있다. 따라서 제시문에 설명된 전자쌍 반발 이론으로 예측한 NH_4^+ 및 H_3O^+ 의 구조는 아래 그림과 같이 각각 사면체와 삼각뿔형이다.

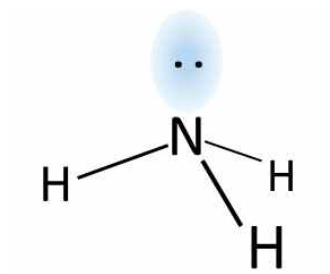


사면체

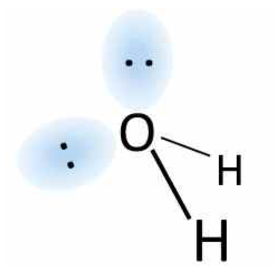


삼각뿔형

R은 NH_3 와 H_2O 중의 하나 이다. NH_3 는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이고, H_2O는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.



삼각뿔형



굽은 형

한편, 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

이상의 정보를 정리하면

P는 H_2O, Q는 HCl, R은 NH_3

X는 H_3O^+, Y는 Cl^-, Z는 NH_4^+ 가 된다.

1 / 5

X는 H_3O^+ 이고, 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있어서 삼각뿔형이다. Z는 NH_4^+ 이고 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있어서 사면체 형이다.

정반응과 역반응 모두에서 H^+를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로
반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.

$$\underset{\text{염기}}{H_2O} + \overset{\text{산}}{HCl} \rightleftarrows \underset{\text{산}}{H_3O^+} + \overset{\text{염기}}{Cl^-}$$

따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.

2) 수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$ 이다.
50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,
수용액 (I)에 들어있는 H^+의 총 몰수는 HCl 이 1가의 산이므로,
$nMV = 1\times 0.1\,\mathrm{M}\times 50\,\mathrm{mL} = 5\,\mathrm{mmol}$ 이다.

수용액 (II)에 들어있는 OH^-의 총 몰수는 $Ba(OH)_2$ 이 2가의 염기이므로,
$nMV = 2\times 0.2\,\mathrm{M}\times 100\,\mathrm{mL} = 40\,\mathrm{mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가하는 수용액 (I)의 양을 x mL 라고 하면, 완전 중화를 위해서
$nMV = n'M'V'$
$1\times 0.1\,\mathrm{M}\times(50+x)mL = 2\times 0.2\,\mathrm{M}\times 100\,\mathrm{mL}$
$x = 350$

혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)를 350 mL를 추가로 넣어 주어야 한다.

1 5

▶ 문항카드 10

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

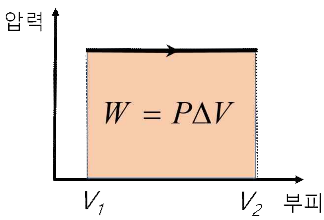
유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B(물리학 Ⅰ) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 Ⅰ
	핵심개념 및 용어	열과 에너지, 열역학 법칙, 기체의 팽창, 등온과정, 등압과정, 단열과정, 이상기체
예상 소요 시간	100분	

2. 문항 및 제시문

제시문

(가) 단면적이 A인 실린더 속에 들어 있는 기체가 일정한 압력 P를 유지하면서 피스톤을 거리 Δl만큼 밀어낼 때 피스톤에 작용하는 힘 F는 $F=PA$이다. 이 힘에 의하여 피스톤의 거리 Δl만큼 이동하므로 기체가 피스톤에 한 일 W는 다음과 같다.

$W=F\times\Delta l=P\times(A\Delta l)=P\Delta V$ (단, ΔV는 부피의 변화량)



기체가 압력 P를 일정하게 유지하면서 팽창되는 동안 압력과 부피 사이의 관계를 나타내면 오른쪽 그림과 같다. 이때 기체가 외부에 한 일은 $W=P\times(V_2-V_1)$로 그래프 아랫부분의 넓이와 같고 일의 부호는 양(+)이다.

(나) 입자 사이에 상호작용이 없는 이상적인 경우에 대하여, 물체를 구성하는 입자의 평균 운동 에너지의 합을 내부 에너지(U)라고 한다. 온도가 높아지면 입자들의 운동이 활발해지므로 입자의 평균 운동 에너지의 합이 증가한다. 따라서 내부 에너지는 절대 온도 T에 비례한다.

압력

(다) 용기 속의 기체가 외부로부터 열을 받으면 그 열은 항상 같은 양의 일이나 내부 에너지로 전환된다. 기체가 열을 받으면 내부 에너지가 증가하고, 기체 입자들의 운동이 활발해진다. 그러면서 용기의 내벽과 충돌하여 부피가 팽창하면 외부에 일을 한다. 이러한 관계를 식으로 나타내면

$$Q=\Delta U+W$$

와 같다. 여기서 Q는 기체가 외부로부터 받은 열이고, ΔU는 기체의 내부 에너지 변화량, W는 기체가 외부에 해준 일이다. 즉, 기체가 흡수한 열이 내부 에너지의 변화량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다는 것을 나타낸다. 이를 열역학 제1법칙이라고 하며, 열과 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

(라) 기체의 압력이 일정한 열역학 과정을 등압 과정이라고 한다. 기체의 온도가 일정한 열역학 과정을 등

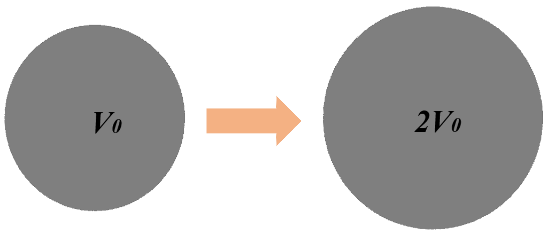
온 과정이라고 한다. 기체가 열을 흡수하거나 방출하지 않는 열역학 과정을 단열 과정이라고 한다. 기체의 부피가 변하지 않는 열역학 과정을 등적 과정이라고 한다.

(마) 기체에 열을 가하면서 기체의 압력을 일정하게 유지하면, 기체의 온도가 증가하면서 기체의 부피도 증가한다. 즉 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고 다음 관계가 성립한다.

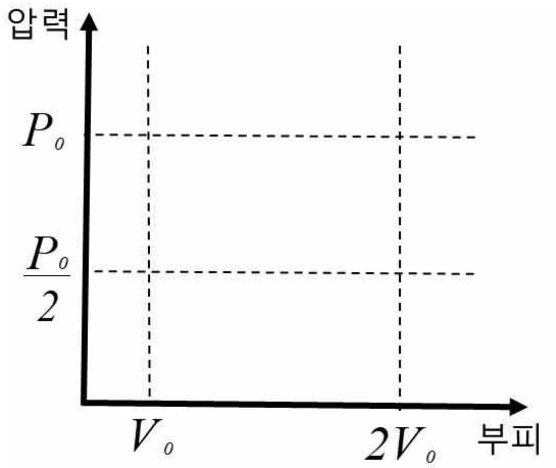
$$\frac{V}{T} = \text{일정}$$

한편, 온도가 일정할 때 기체의 부피와 압력은 서로 반비례한다. 즉 다음 관계가 성립한다.

$$PV = \text{일정}$$

> 온도가 T_0이고 내부 압력이 P_0인 이상기체로 채워진 공이 있다. 다음 그림과 같이 공의 부피가 V_0에서 $2V_0$로 등압 과정, 등온 과정, 혹은 단열 과정을 통해 각각 팽창한다. 단, 공의 탄성은 무시한다.
>
> 
>

문제 1 이때 위 세 가지 과정을 통해 팽창하는 기체의 부피에 따른 압력의 변화를 다음 주어진 압력-부피 그래프에 각각 개략적으로 나타내시오.



문제 2 이때 각각의 팽창 과정을 통해 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기와 기체의 내부 에너지 변화를 표에 정리하고자 한다. 다음 표에서 (a)-(c)에 해당되는 팽창 과정을 쓰고, (d)-(f)에는 기체가 외부에 해준 일의 크기가 큰 것부터 L, M, S로 쓰시오. (a), (b), (c) 과정의 선택 이유를 온도와 관련지어 설명하시오.

1 5

팽창 과정의 종류	기체가 외부에 한 일의 상대적 크기	내부 에너지 변화
(a)	(d)	없음
(b)	(e)	증가
(c)	(f)	감소

3. 출제 의도

기체의 등압과정, 등온과정, 단열과정에 의해 팽창하는 경우, 기체가 외부에 한 일, 내부에너지의 변화량, 기체 온도의 변화를 통해 기체의 팽창운동을 이해한다. 압력-부피 그래프에서 아래 면적이 기체가 외부에 한 일에 해당됨을 이해한다. 따라서 여러 가지 팽창과정을 통해 기체가 외부에 한 일의 크기를 정성적으로 이해한다. 또, 팽창 후 내부에너지의 변화를 통해 기체의 온도변화를 이해한다. 이를 통해 기체가 외부에 한 일의 크기 변화를 이해하고, 궁극적으로 팽창과정을 이해한다. 또, 등압과정과 등온과정에서 일의 차이를 분자 운동 측면에서 이해할 수 있다. 팽창에 대한 전반적인 기체의 운동과 제시문을 통해 논리적 문제 해결능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	(가)	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(나)	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(다)	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(라)	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(마)	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
하위문항	문제1	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	문제2	(1)역학과 에너지 [12물리Ⅰ01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리Ⅰ01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.

※ *일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.*
※ *제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재*

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 Ⅰ	송진웅 외 4인	동아출판	2018	54
	물리학 Ⅰ	김성원 외 5인	지학사	2019	53-56
	물리학 Ⅰ	김성진 외 6인	미래엔	2018	57-58
	물리학 Ⅰ	손정우 외 5인	비상교육	2018	56-57
기타					

5. 문항 해설

[문제 1]
물리 I 교과 과정에 수록된 열역학 과정을 이해하고, 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 동안 기체의 압력 변화의 이해를 평가하는 문제이다. 또, 각각의 과정에 대해 압력-부피 그래프를 개략적인 그리게 하여 기체의 팽창에 대한 전반적인 이해를 평가한다.

[문제 2]

교과 과정에 소개된 지식을 바탕으로 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 기체의 내부 에너지 변화와 기체가 외부에 해준 일의 크기에 대한 이해를 평가하는 문제이다. 각각의 과정으로 팽창 한 후 내부에너지의 증가, 감소, 일정의 세 경우를 온도의 증가, 감소, 일정에 대응하여 이해하고, 이를 통해 등압, 등온, 단열 과정 중 어떤 과정에 해당되는지에 대한 이해를 확인하였다. 또 각 과정을 통해 팽창한 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기에 대한 이해를 확인하였다.

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	전류의 방향은 (B), 자기장의 방향은 (C)를 선택하였다.	1점
	반자성을 선택하였다.	1점
문제 2	(E)는 멈춰있는 경우를, (F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽으로 결정하였다.	1점
	(1)은 부도체이고 (2)는 도체임을 설명하였다.	1점
	(1)은 상자성이며 (2)는 반자성임을 설명하였다.	1점
	(1)은 종이, (2)는 구리를 선택하였다.	1점
	풀이 과정이 논리적이다.	1점

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

위와 같이 채점하여

A+ : 7점
A : 6점
B+ : 5점
B : 4점
C : 3점
D : 2점
E : 1점
F : 0점

7. 예시 답안 혹은 정답

문제 1

구리 코일을 빠른 속도로 가까이 가져가는 경우 구리 코일 내부의 자기선속이 증가하게 된다. 렌츠의 법칙에 따르면, 코일에서는 이러한 자기선속의 증가를 방해하는 방향인 **(C)방향의 자기 선속**이 생기게 되며, 이를 위해서 **(B)방향의 전류**가 흐르게 된다.

만약 이를 원자 내 전자의 궤도라고 가정하고 자성을 이해하는 경우 외부 자기장을 감소시키는 방향으로 자성이 생성되므로 **반자성**에 대응해 볼 수 있다.

문제 2

(1)은 원기둥이 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 같은 운동 상태를 보이므로 유도전류에 의한 자기장이 없다. 따라서 **(1)은 부도체이고, (E)는 멈춰있는 운동 상태**를 나타낸다.

반면, (2)가 자석에 빠른 속도로 가까이 갈 때와 멀어질 때 자석이 서로 다른 운동 상태를 가지므로 **(2)는 도체**이다. 도체의 경우 자석에 가까이 갈 때는 자석이 왼쪽으로 움직이고, 자석에서 멀어질 때는 자석이 오른쪽으로 움직이므로 **(F)는 오른쪽, (G)는 왼쪽**을 나타낸다.

또한, (1)은 가까이 멈춰있을 때 물체에 가까운 쪽(F)으로 움직이므로, 상자성 물질임을 알 수 있다. 반면에 (2)는 먼 쪽(G)으로 움직이므로 반자성 물질임을 알 수 있다.

이상의 두 논의를 통해서 **(1)은 상자성이면서 부도체**, **(2)는 반자성이면서 도체**인 물질임을 알 수 있다.

따라서 문제에 제시된 물질 중에 **(1)은 종이**가 **(2)는 구리**가 해당된다.

▶ 문항카드 7

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B 수학/문제 1, 문제 2	
출제 범위	수학과 교육과정 과목명	수학 I, 미적분, 확률과 통계
	핵심개념 및 용어	삼각함수, 삼각함수의 덧셈정리, 합성함수의 미분법, 사인법칙, 코사인법칙, 접선의 방정식
예상 소요 시간	70분	

2. 문항 및 제시문

제시문 1

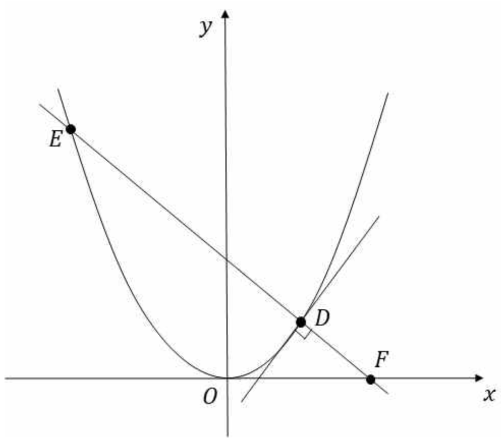
(가) 함수 $f(x)$가 $x=a$에서 미분가능할 때, 곡선 $y=f(x)$ 위의 점 $(a, f(a))$에서의 접선의 기울기는 $f'(a)$이므로 접선의 방정식은 다음과 같다.

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

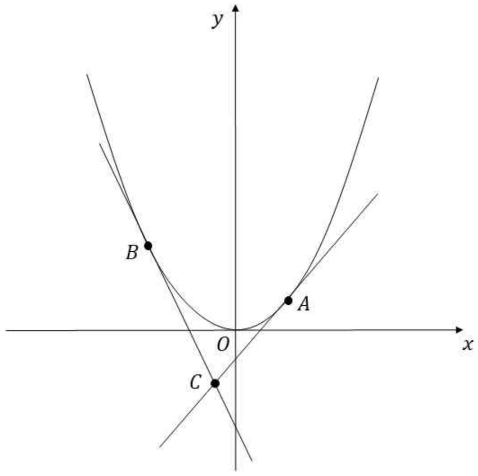
(나) [그림 1]은 곡선 $y=x^2$을 나타낸 것이다. 점 D는 제1사분면에 있는 곡선 $y=x^2$ 위의 한 점이다. 점 D에서 곡선 $y=x^2$의 접선에 수직한 직선이 곡선 $y=x^2$과 제2사분면의 점 E에서 만나고, x축과 점 F에서 만난다.

(다) [그림 2]는 곡선 $y=x^2$을 나타낸 것이다. 이 곡선 위의 서로 다른 두 점 A와 B에서의 접선의 교점이 C이다.

1 / 5



[그림 1]



[그림 2]

문제 1-1

제시문 1의 (나)에서 $\overline{ED} : \overline{DF} = 3:1$일 때, 점 D의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 1-2

제시문 1의 (다)에서 점 A와 점 B의 x좌표를 각각 a와 b라 하자. a와 b가 다음을 만족할 때 두 접선의 교점 C로 이루어진 영역의 넓이를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

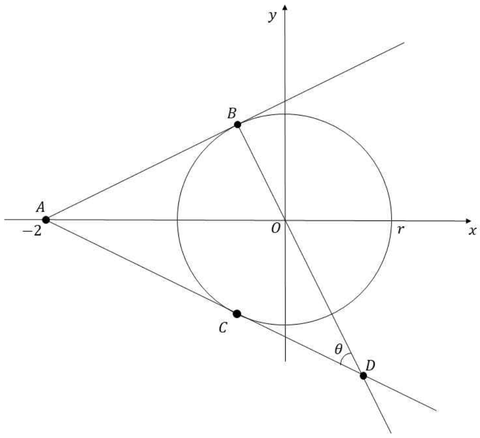
$$1 \le a \le 2,\ -2 \le b \le -1$$

제시문 2

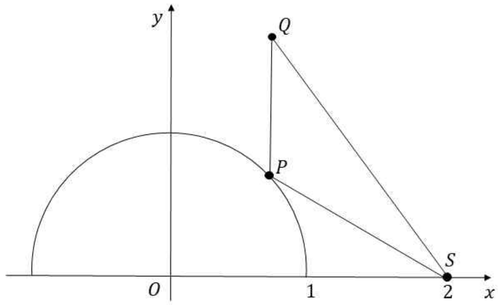
(가) 좌표평면 위에서 x축의 양의 방향을 시초선으로 잡았을 때, 일반각 θ를 나타내는 동경과 원점 O를 중심으로 하고 반지름의 길이가 r인 원의 교점을 $P(x, y)$라 하면 $\frac{y}{r}$, $\frac{x}{r}$, $\frac{y}{x}\,(x \neq 0)$의 값은 r의 값과 관계없이 θ의 값에 따라 각각 하나로 정해진다. 이 함수를 차례로 θ에 대한 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수라 하고, 기호로 각각 $\sin\theta = \frac{y}{r}$, $\cos\theta = \frac{x}{r}$, $\tan\theta = \frac{y}{x}\,(x \neq 0)$로 정의하고, 이 함수들을 통틀어 θ에 대한 삼각함수라 한다.

(나) [그림 3]은 중심이 원점 O인 원과 점 $A(-2, 0)$을 나타낸 것이다. 점 A에서 원에 그은 두 접선과 원이 만나는 점이 각각 B, C이다. 직선 BO와 직선 AC의 교점이 D이다. 원의 반지름이 r일 때, $\angle CDO$의 크기가 θ이다.

(다) [그림 4]는 중심이 원점 O이고 반지름의 길이가 1인 반원과 점 $S(2, 0)$을 나타낸 것이다. 점 P는 반원 위에 있다. 선분 PQ는 y축과 평행하고 점 Q의 y좌표는 점 P의 y좌표보다 1만큼 크다.



[그림 3]



[그림 4]

문제 2-1

제시문 2의 (나)에서 $r=1$ 일 때 $\dfrac{d\theta}{dr}$ 의 값을 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

문제 2-2

제시문 2의 (다)에서 $\angle PSQ$ 의 크기가 최소일 때 점 P 의 좌표를 구하고 풀이 과정을 쓰시오.

3. 출제 의도

[문제 1]

곡선 위의 점에서의 접선의 기울기가 미분계수임을 활용하여 관련된 문제를 풀 수 있는지 알아본다. 매개변수로 주어진 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 구하고, 직선과 곡선의 교점을 구하고, 점과 직선, 곡선 사이의 위치 관계를 수식으로 잘 기술하고 또한 풀이 과정을 논리적으로 잘 설명할 수 있는지 평가한다.

[문제 2]

삼각함수를 이해하고, 삼각함수의 덧셈정리, 코사인법칙을 이해하고 활용할 수 있는지 알아본다. 여러 가지 함수의 미분법을 이해하고, 합성함수의 미분법을 활용할 수 있는지 평가한다.

4. 출제 근거

가) 적용 교육과정 및 학습내용 성취 기준

적용 교육과정	교육부 고시 제2020-205호 [별책8]
문항 및 제시문	학습내용 성취 기준
문제 1-1	미적분 - (2)미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 1-2	미적분 - (2)미분법 - ③ 도함수의 활용 [12미적02-11] 접선의 방정식을 구할 수 있다.
문제 2-1	수학 Ⅰ-(2)삼각함수-① 삼각함수 [12수학Ⅰ02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. 미적분-(2)-미분법-① 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다.
문제 2-2	수학 Ⅰ-(2)삼각함수-① 삼각함수 [12수학Ⅰ02-02] 삼각함수의 뜻을 알고, 사인함수, 코사인함수, 탄젠트함수의 그래프를 그릴 수 있다. [12수학Ⅰ02-03] 사인법칙과 코사인법칙을 이해하고, 이를 활용할 수 있다. 미적분-(2)-미분법-① 여러 가지 함수의 미분 [12미적02-03] 삼각함수의 덧셈정리를 이해한다. [12미적02-05] 사인함수와 코사인함수를 미분할 수 있다. 미적분 - (2)미분법 - ②여러 가지 미분법 [12미적02-07] 합성함수를 미분할 수 있다.

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 Ⅰ	류희찬 외	천재교과서	2018	78
	수학 Ⅰ	홍성복 외	지학사	2018	70, 99
	수학 Ⅰ	김원경 외	비상교육	2018	65, 100
	미적분	황선욱 외	미래엔	2019	106
	미적분	이준열 외	천재교육	2019	108, 100
기타					

5. 문항 해설

[문제 1-1]

도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 점의 위치를 매개변

수로 나타내고 미분계수가 접선의 기울기임을 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2]
도함수를 이용하여 곡선 위의 점에서의 접선의 방정식을 잘 구할 수 있는지 알아본다. 함수의 개형을 파악하고, 점의 위치에 따라 접선이 어떻게 변화하는지를 이해하고 이를 활용하여 문제를 풀 수 있는지 알아본다.

[문제 2-1]
미분을 이용하여 접선의 방정식을 구하고, 삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리를 이용하여 구하고자 하는 각의 크기를 원의 반지름에 대한 식을 구한 후, 합성함수의 미분을 이용하고 활용할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-2]
삼각함수와 삼각함수의 덧셈정리와 코사인법칙을 활용하여 식을 구한 후, 합성함수의 미분법을 활용하여 최솟값을 구할 수 있는지 확인한다.

6. 채점 기준 *※ 선다형의 경우 생략 가능*

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타내었으나 식이 틀림 D: 세 점 D, E, F를 지나는 직선의 방정식을 매개변수로 나타냄 C: 세 점 D, E, F 중 2개 이상의 점의 좌표를 매개변수로 나타냄 B: 세 점 D, E, F의 좌표를 모두 매개변수로 나타냄 B+: B와 더불어 세 점의 좌표 사이의 관계를 하나 이상 밝혀냄 A: B와 더불어, 점 D의 좌표를 구하였으나 값이 틀림 A+: 앞의 과정을 거쳐 D의 좌표 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$을 구함	10
1-2	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선 중 하나 이상을 구함 D: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선을 2개 이상 구하고 접선의 교점을 하나라도 구함 C: 포물선의 접선 4개를 모두 구함 B: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선을 4개 모두 구하고, 접선의 교점을 하나 이상 구함 B+: 네 점 (1,1), (−1,1), (2,4), (−2,4)에서의 포물선의 접선 4개와 접선의 교점 4개를 모두 구함 A: B+와 더불어, 넓이를 구하였으나 값이 틀림 A+: 앞의 과정을 거쳐 넓이 $\frac{3}{2}$을 구함	15

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: $\sin\alpha$나 $\cos\alpha$를 r로 표현하거나 $\alpha = \frac{\pi}{6} = \theta$등의 간단한 식을 구함 D: 사인함수의 덧셈정리를 사용하여 $\sin 2\alpha$를 계산함 C: D와 더불어 $\cos\theta$를 구함 B: C와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$이나 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$을 구함 B+: B와 더불어 합성함수의 미분법을 사용하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = \frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$와 $\frac{d(\cos\theta)}{dr} = -\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$을 모두 구함 A: B+와 더불어 식을 다 구했으나 답이 틀림 A+: A와 더불어 $-\frac{2\sqrt{3}}{3}$을 구함	20
2-2	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 점 P나 Q의 좌표를 구함 D: $\tan\alpha_1$이나 $\tan\alpha_2$를 구함 C: 탄젠트함수의 덧셈정리를 이용하여 $\tan\alpha$를 구함 B: C와 더불어 합성함수의 미분을 이용하여 $\tan\alpha$의 미분을 구함 B+: B와 더불어 임계점을 구하는 근을 구함 A: B+와 더불어 P의 x좌표나 y좌표를 구함 A+: 앞의 과정을 거쳐 P 의 좌표 $\left(\frac{2-6\sqrt{3}}{13}, \frac{3+4\sqrt{3}}{13}\right)$을 구함	25

7. 예시 답안 혹은 정답 *※ 선다형의 경우 정답만 기입*

[1-1]

D의 좌표를 $D(t,t^2)$라 하자. (t는 양수)

먼저, 점 E, F의 좌표를 t로 나타내자.

D, E, F를 지나는 직선을 l이라 하자.

1 5

D에서의 접선의 기울기가 $2t$이므로 l의 기울기는 $-\frac{1}{2t}$이다.

직선 l이 D를 지나므로 직선의 방정식은 $y-t^2=-\frac{1}{2t}(x-t)$이다

직선의 식에 $y=0$을 대입하면 $x=t+2t^3$이므로 F의 좌표는 $F(t+2t^3,0)$이다.

이제 E의 x좌표를 구하자. 직선의 식에 포물선의 식 $y=x^2$를 대입하면

$x^2-t^2=-\frac{1}{2t}(x-t)$에서 $(x-t)(x+t)=-\frac{1}{2t}(x-t)$이다.

E의 x좌표를 구하기 위해서는 $x \neq t$인 경우만 생각하면 되므로 $x+t=-\frac{1}{2t}$에서 $x=-t-\frac{1}{2t}$이다. 따라서 E의 좌표는 $E\left(-t-\frac{1}{2t}, \left(t+\frac{1}{2t}\right)^2\right)$이다.

지금까지 계산한 점의 좌표는 아래와 같다.

$$D(t,t^2),\quad E\left(-t-\frac{1}{2t}, \left(t+\frac{1}{2t}\right)^2\right),\quad F(t+2t^3,0)$$

점 D, E에서 x축에 내린 수선의 발을 D_1, E_1이라 하자.

D, E, F가 일직선상에 있으므로 삼각형 EE_1F와 삼각형 DD_1F는 닮은꼴이고, 닮음비는 $\frac{\overline{EF}}{\overline{DF}}=\frac{\overline{ED}+\overline{DF}}{\overline{DF}}=\frac{3+1}{1}=\frac{4}{1}$이다.

따라서 $\overline{EE_1}:\overline{DD_1}=4:1$이고, 선분 $\overline{DD_1}$, $\overline{EE_1}$의 길이가 각각 D, E의 y좌표이므로

$$\frac{4}{1}=\frac{\overline{EE_1}}{\overline{DD_1}}=\frac{\left(t+\frac{1}{2t}\right)^2}{t^2}=\frac{4t^4+4t^2+1}{4t^4}$$ 이다.

따라서 $12t^4-4t^2-1=0$, $(2t^2-1)(6t^2+1)=0$, $t^2=\frac{1}{2}$이다.

그런데 t가 양수이므로 $t=\frac{1}{\sqrt{2}}$이고 D의 좌표는 $(t,t^2)=\left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}\right)$이다.

[1-2]

점 A, B의 좌표를 각각 (a,a^2), (b,b^2)이라 하자.

C의 좌표를 (c_1,c_2)라 하고 c_1, c_2를 a, b로 나타내자.

점 A에서의 접선은 $y-a^2=2a(x-a)$에서 $y=2ax-a^2$이다.

같은 방법으로 점 B에서의 접선은 $y=2bx-b^2$이고, 이 두 개의 식을 연립하여 풀면 $x=\frac{a+b}{2}$, $y=ab$이다.

따라서 $c_1=\frac{a+b}{2}$, $c_2=ab$이고 C의 좌표는 $\left(\frac{a+b}{2}, ab\right)$이다.

$1 \le a \le 2$, $-2 \le b \le -1$이므로 C의 y좌표인 ab는 음수이므로, C는 x축의 아래에 있다.

$a=1$일 때 A에서의 접선은 $y=2x-1$이고 a가 증가하면 접선의 x축의 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $a=2$일 때 $y=4x-4$가 된다.

1	5

비슷하게, $b=-1$일 때 B에서의 접선은 $y=-2x-1$이고 b가 감소하면 접선의 x축 아래에 있는 부분은 점점 아래로 이동하여 $b=-2$일 때 $y=-4x-4$가 된다.

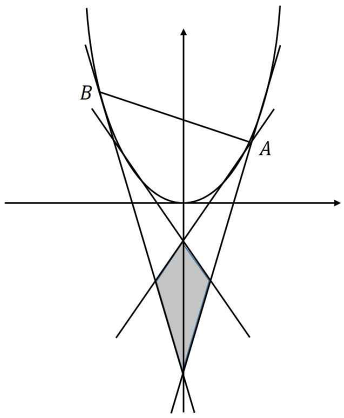
따라서 C가 속하는 영역은 네 점 (1,1), (-1,1), (2,4), (-2,4)에서의 접선들인 아래 네 직선으로 둘러싸여 있고 x축 아래에 있는 부분이다. ([그림 A]의 채색된 부분)

$$y=2x-1,\quad y=-2x-1,\quad y=4x-4,\quad y=-4x-4$$

위 네 직선의 교점들 중 x축의 아래에 있는 것은 다음과 같다.

$$(0,-1),\ (0,-4),\ \left(\frac{1}{2},\,-2\right),\ \left(-\frac{1}{2},\,-2\right)$$

이 네 점을 꼭짓점으로 하는 사각형 영역의 넓이는 $\frac{3}{2}$이고, 이것이 구하는 답이다.



[그림 A]

[2-1]

$\angle BAO$의 크기를 α라고 하자. $2\alpha+\theta=\frac{\pi}{2}$이다.

직각삼각형 ABO에서

$\sin\alpha=\frac{r}{2}$이고 $\cos\alpha=\frac{\sqrt{4-r^2}}{2}$이다.

삼각함수의 덧셈정리에 의하여

$\sin 2\alpha=\sin(\alpha+\alpha)=\sin\alpha\cos\alpha+\cos\alpha\sin\alpha=2\sin\alpha\cos\alpha=\frac{r\sqrt{4-r^2}}{2}$ 이다.

따라서 $\cos\theta=\sin\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)=\sin 2\alpha=\frac{r\sqrt{4-r^2}}{2}$ 이고,

$\frac{d(\cos\theta)}{dr}=\frac{1}{2}\left(1\cdot\sqrt{4-r^2}+\frac{r(-2r)}{2\sqrt{4-r^2}}\right)=\frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$ 이다.

또한, 합성함수의 미분법에 의하여 $\frac{d(\cos\theta)}{dr}=-\sin\theta\frac{d\theta}{dr}$ 이다.

따라서 $-\sin\theta\frac{d\theta}{dr}=\frac{2-r^2}{\sqrt{4-r^2}}$ 이고, $\frac{d\theta}{dr}=\frac{r^2-2}{\sqrt{4-r^2}}\cdot\frac{1}{\sin\theta}$ 이다.

$r=1$일 때 $\sin\alpha = \dfrac{1}{2}$이므로 $\alpha = \dfrac{\pi}{6}$이고, 이 때 $\theta = \dfrac{\pi}{6}$이고, $\sin\theta = \sin\dfrac{\pi}{6} = \dfrac{1}{2}$이다.

따라서 $r=1$일 때 $\dfrac{d\theta}{dr} = \dfrac{1-2}{\sqrt{4-1}} \cdot 2 = -\dfrac{2}{\sqrt{3}} = -\dfrac{2\sqrt{3}}{3}$이다.

[2-2]

$P(\cos\theta, \sin\theta)$, $0 \le \theta \le \pi$ 라고 두면 $Q(\cos\theta, \sin\theta + 1)$

점 P에서 x축 위로 내린 수선의 발을 H라고 하고, $\angle SQH = \alpha_1$, $\angle PQH = \alpha_2$, $\angle SQP = \alpha$라 하자.

$\tan\alpha_1 = \dfrac{\sin\theta + 1}{2-\cos\theta}$

$\tan\alpha_2 = \dfrac{\sin\theta}{2-\cos\theta}$ 이므로

$$\tan\alpha = \tan(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2}{1+\tan\alpha_1\tan\alpha_2}$$

$$= \frac{\dfrac{\sin\theta+1}{2-\cos\theta} - \dfrac{\sin\theta}{2-\cos\theta}}{1+\dfrac{\sin\theta+1}{2-\cos\theta}\,\dfrac{\sin\theta}{2-\cos\theta}}$$

$$= \frac{2-\cos\theta}{5-4\cos\theta+\sin\theta}$$ 이다.

양변을 미분하면

$$\sec^2\alpha\,\alpha'(\theta) = \frac{\sin\theta(5-4\cos\theta+\sin\theta)-(2-\cos\theta)(4\sin\theta+\cos\theta)}{(5-4\cos\theta+\sin\theta)^2}$$

$$= \frac{-3\sin\theta-2\cos\theta+1}{(5-4\cos\theta+\sin\theta)^2} = 0$$을 얻는다.

따라서 $3\sin\theta + 2\cos\theta - 1 = 0$ (*)

$\cos\theta = \pm\sqrt{1-\sin^2\theta}$ 로 (*)를 치환하면 $2\sqrt{1-\sin^2\theta} = 1-3\sin\theta$이다.

양변을 제곱하면 $4(1-\sin^2\theta) = 1-6\sin\theta+9\sin^2\theta$

정리하면 $13\sin^2\theta - 6\sin\theta - 3 = 0$이다.

2차 방정식의 근의 공식을 이용하여 $\sin\theta = \dfrac{3\pm\sqrt{48}}{13}$를 얻는다.

그러나 $0 \le \theta \le \pi$에서 $\sin\theta \ge 0$이므로 $\sin\theta = \dfrac{3+4\sqrt{3}}{13}$가 y좌표이다.

이때, x좌표를 구하기 위해서 (*)를 이용하면 $\cos\theta = \dfrac{1}{2}(1-3\sin\theta) = \dfrac{2-6\sqrt{3}}{13}$이다.

그러므로 $\angle PSQ$가 최소일 때 P의 좌표는 $\left(\dfrac{2-6\sqrt{3}}{13}, \dfrac{3+4\sqrt{3}}{13}\right)$이다.

▶ 문항카드 8

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	☑ 논술고사 ☐ 면접 및 구술고사 ☐ 선다형 고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B (생명과학 I) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	생명과학 I
	핵심개념 및 용어	우성, 열성, 염색체, 유전병, 면역, 항원, 항체, 백신, 감염성 질병
예상 소요 시간	전체 시험시간 100분 중 30분	

2. 문항 및 제시문

제시문

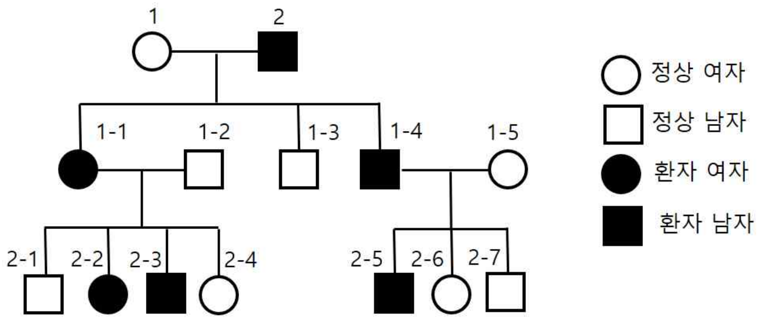
(가) 한 대립유전자 쌍에서 두 대립유전자가 서로 다를 때 표현형으로 나타나는 형질을 우성, 나타나지 않는 형질을 열성이라고 한다. 사람의 염색체 중 22쌍의 상염색체는 성별과 관계없이 공통으로 존재하므로 상염색체 상의 유전자가 자손에서 특정 표현형으로 나타날 확률은 성별과 관계없이 같다. 사람의 성염색체는 1쌍으로 성염색체의 구성은 남자는 XY, 여자는 XX이다. 딸은 어머니와 아버지로부터 X 염색체를 한 개씩 물려받지만, 아들은 어머니로부터 X 염색체를, 아버지로부터 Y 염색체를 물려받는다. 유전자의 돌연변이는 유전자를 구성하는 DNA의 염기서열에 이상이 생긴 돌연변이로 유전자의 유전정보가 바뀌면 단백질이 생성되지 않거나 정상적인 기능을 하지 못하는 단백질이 생성될 수 있으며, 이로 인해 유전병이 나타날 수 있다.

(나) 항원이 처음 체내에 침입하면 B 림프구가 형질 세포로 분화되어 이 항원에 대한 항체를 형성하는데, 이 반응을 1차 면역 반응이라고 한다. 1차 면역 반응에서는 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 1차 면역 반응에서 B 림프구의 일부는 항원 특성을 기억하는 기억 세포로 분화된다. 동일한 항원이 다시 침입하면 그 항원에 대한 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화되어 많은 수의 형질 세포가 형성된다. 이에 따라 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 지는데, 이 반응을 2차 면역 반응이라고 한다.

문제 1 그림은 어떤 집안의 질병 H에 관한 가계도이다. 질병 H는 한 쌍의 대립유전자로 결정되는 유전병이다.

(1) 아래의 가계도로부터 질병 H가 상염색체 유전인지 성염색체 유전인지, 또한 우성 형질인지 열성 형질인지 가능한 모든 유전 방식을 쓰고, 그 이유를 제시문 (가)에 근거하여 설명하시오. (대립 유전자 표기는 우성일 경우 H, 열성일 경우 h로 표시하시오)

(2) 가계도의 1-1과 1-2 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 질병 H가 나타날 확률을 문제 1-(1)에서 얻어진 유전 방식 별로 구하고 설명하시오. (단, 돌연변이는 고려하지 않는다)



문제 2 현재 유행 중인 코로나바이러스 질병 2019(COVID-19)의 원인인 SARS-CoV-2 바이러스는 RNA를 유전물질로 가지는 바이러스이다. 상용화된 백신이 아직 없는 상황에서 COVID-19로부터 완치된 사람의 혈청을 COVID-19 감염 환자에게 투여하는 혈청 치료가 시도되고 있다. 혈청은 혈장에서 혈액의 응고 성분을 제거한 것으로 면역에 관여하는 항체 등이 들어있다. 그림 (a)는 COVID-19 백신이 상용화되어 시험자 A와 B에게 투여했을 때 바이러스 대응 항체의 농도 변화 그래프이다. 그림 (b)는 COVID-19 완치자의 혈청으로 치료를 받은 COVID-19 감염 환자(시험자 C)의 체내 SARS-CoV-2 바이러스 RNA 유전물질의 양과 대응 항체의 농도를 나타낸 것이다. 단, 그림 (b) 구간 II의 바이러스 RNA 유전물질의 양은 나타내지 않았다. 제시문 (나)에 근거하여 아래의 질문에 답하시오.

(1) COVID-19 백신 접종을 받은 시험자 A와 B가 6주째에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염되었다고 하자. 그림 (a)에서 COVID-19 백신 접종 이후 시험자 A와 B의 대응 항체의 농도가 시간에 따라 서로 다르게 나타나는 이유를 설명하시오.

(2) 시험자 C가 SARS-CoV-2 바이러스에 두 번에 걸쳐 감염되었다고 하자. 그림 (b)의 구간 I과 II에서 검출되는 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체 생성의 차이점을 설명하고, 바이러스 2차 감염 후 체내 바이러스 RNA 유전물질 양의 변화를 1차 감염과 비교하여 구간 II에 그래프로 나타내고 설명하시오.

그림 (a)

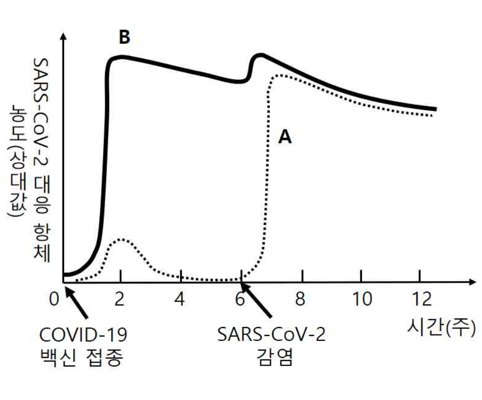
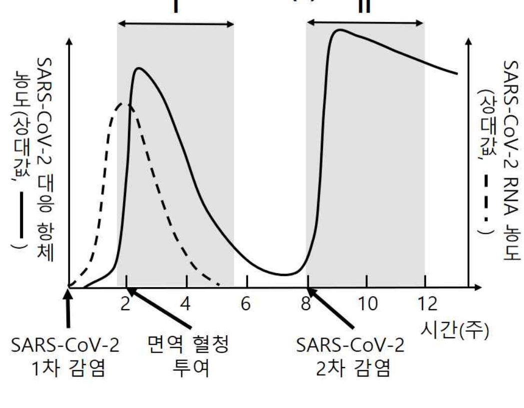


그림 (b)



3. 출제 의도

다음 사항을 알아본다.

문제1) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 유전 부분 중에 사람의 유전과 염색체 이상과 유전자 이상을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 가계도를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 적절하게 설명할 수 있는지 평가한다.

문제2) 고등학교 생명과학 I 과정에서 학습하는 방어 작용 부분 중에 병원체의 종류와 특성 및 예방접종의 원리와 백신을 이해하고 설명할 수 있는지 검증한다. 또한, 실험 데이터를 분석하여 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 생명 현상을 설명할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

적용교육과정	2015개정_과학과교육과정 [제2015-74호]
성취기준/ 영역별 내용	문제 1. 교육과정 문서 (4) 유전 (172쪽) [12생과Ⅰ04-03] 사람의 유전 현상을 가계도를 통해 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다. [12생과Ⅰ04-04] 염색체의 이상과 유전자의 이상에 의해 일어나는 유전병의 종류와 특징을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다. 문제 2. 교육과정 문서 (3) 항상성과 몸의 조절 (170쪽) [12생과Ⅰ03-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어작용과 비특이적 방어작용을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다. [12생과Ⅰ03-07] 백신의 작용 원리를 항원 항체 반응과 관련지어 이해하고, 백신으로 예방하기 힘든 질병을 조사하여 그 이유를 토의할 수 있다.

제시문 및 모든 하위 문항에 해당되는 출제근거를 제시

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학I	전상학 외 7인	지학사	2018	98, 134
	고등학교 생명과학I	오현선 외 5인	미래앤	2018	141
	고등학교 생명과학I	이용철 외 3인	와이비엠	2019	141
	고등학교 생명과학I	김윤택 외 4인	동아출판	2018	101
기타					

5. 문항 해설

● **문항 해설**

문제1은 비감염성질병의 예로서 유전병과 문제2는 감염성질병의 예로서 바이러스성 질병에 관한 생명과학 지식을 유전과 면역의 관점에서 이해하는지 평가하고자 한다. 제시문은 고등학교 교과서에서 발취된 내용

으로 교육과정 범위에 포함되어 있다. 문제 1은 유전자의 돌연변이로 유전병이 생기고 자손에게 전달되는 예를 제시한다. 이 과정에서 상염색체, 성염색체, 우성 및 열성 등의 유전현상을 이해하고 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가한다. 문제 2는 감염성 질병의 예방과 치료법과 그 원리를 이해하고 인체 면역현상을 논리적으로 분석할 수 있는 지 평가한다.

● 성취수준 관련 해설

문제 1의 질문에서, '상' 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 이 과정을 통해 유전적 다양성을 획득할 수 있음을 설명할 수 있다. 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해하고, 상염색체 유전과 성염색체 유전을 구분하여 설명할 수 있다. 염색체 이상과 유전자 이상에 의해서 일어나는 유전병의 종류와 특성을 알고, 사례를 조사하여 발표할 수 있다. '중' 수준의 학생은 생식 세포 형성과정에서 일어나는 염색체의 조합을 이해하고, 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. '하' 수준의 학생은 사람의 유전 현상을 가계도를 통해서 이해할 수 있다. (12생과 I 04-02, 12생과 I 04-03, 12생과 I 04-04)

문제 2의 질문에서, '상' 수준의 학생은 감염성과 비감염성의 질병을 구분할 수 있으며, 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 백신의 작동 기작을 설명할 수 있다. '중' 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 특징을 감염과 예방과 관련지어 이해하고 설명할 수 있다. '하' 수준의 학생은 감염성 질병을 일으키는 병원체들의 감염을 이해할 수 있다. (12생과 I 03-06, 12생과 I 03-06)

6. 채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
문제 1	**[채점 요소]** 문제1 (배점 3) - 가계도를 이해하고 개인의 유전형의 분석을 통해 상염색체와 성염색체 유전 및 돌연변이 유전자의 위치 및 우성과 열성 여부를 결정했는가? - 부모의 유전형 분석을 통해서 자손의 유전병 발병 확률을 분석할 수 있는가? **[예시 답안]** (1) <u>질병H는 모든 유전양식 중 **상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.**</u> 질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재함으로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, **1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.**	3점

1 5

	질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, **1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.** 종합하면, **질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.** **[채점 준거]** 위 채점요소 중 질병 H의 유전양식이 "<u>**상염색체 우성이나 상염색체 열성**</u>"의 두 가지가 가능하다는 것을 제시하면 1점. <u>**상염색체 우성과 상염색체 열성이 가능한 설명**</u>까지 옳으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임. (2) 1-1과 1-2 부부의 <u>**새 아기가 질병 H를 가질 확률은 모두 50%**</u>이다. 상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다. 상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, **새 아이가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.** **[채점 준거]** 새 아이의 질병 H를 가질 확률이 50% 임이 옳으면 1점을 부여함.	
문제 2	**[채점 요소]** 문제2 - 1차 면역 반응과 2차 면역 반응의 항체 형성의 효율 차이를 이해하여 2차 반응 시 항체의 양이 많이 생성됨을 설명했는가? - A와 다르게 B는 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스 항원에 노출된 적이 있음을 추론했는가? - I 부위에 존재하는 대부분의 COVID-19 항체는 완치 환자의 면역혈청에서 왔으며, II 부위의 COVID-19 항체는 1차 감염에서 생성된 기억 세포로부터 체내에서 형성된 항체임을 설명하였는가? - 1차 감염 시는 약한 면역 반응으로 체내에 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하면서 바이러스 유전물질인 RNA가 다량 존재하며 면역혈청 치료로 급격히 떨어지고, 2차 감염 시는 강한 2차 면역 반응으로 SARS-CoV-2 바이러스가 증식하지 못하고 빠르게 사멸함을 설명하고 그래프 상에서 표현할 수 있는가? **[예시 답안]** (1) <u>**시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다.**</u> 6주차에	4점

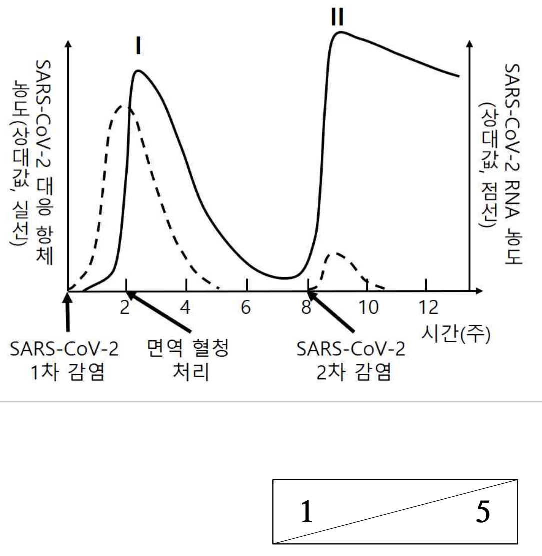
SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 **2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.**

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. **시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.**

[채점 준거]
시험자 A에서 백신접종에 따른 1차 면역 반응의 항체 형성은 양이 적으며 바이러스 감염시 2차 면역 반응으로 항체 양이 많음을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함.
시험자 B는 백신접종 전에 바이러스에 이미 노출되어 백신 접종시 바로 2차 면역반응이 나타났음을 옳게 설명하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.

(2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, **I지점와 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.**

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. **1차 감염 때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염 시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.**



	[채점 준거] 구간 I의 항체는 대부분이 완치자로부터 생성된 항체이고, 구간 II는 시험자 C에서 2차 면역 반응으로 생성된 자신의 항체임을 옳게 설명하였으면 1점을 부여함. 구간 II에서 2차 면역 반응으로 항체가 급격히 늘어남에 따라 바이러스의 증식이 억제됨을 설명하고, 바이러스의 RNA 농도를 구간 I보다 작게 표시하였으면 추가 1점을 부여함. 총 2점 만점임.	

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함.
※ 채점 기준은 문항의 출제의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함.

7. 예시 답안

[문제 1]

(1-1) 질병H는 모든 유전양식 중 **상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나를 나타낸다.**

질병H가 상염색체 열성 유전양식을 가지는 경우가 가능하다. 상염색체 열성으로 존재할 경우는 1)1은 HH와 2는 hh와 2)1은 Hh와 2는 hh의 두 경우가 존재한다. 1)번 경우 1세대 자식이 Hh로 환자가 나타날 수 없으나 환자가 존재함으로 맞지 않다. 2)번의 경우 1세대 자식은 정상(Hh)과 환자(hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(hh: 1-1, 1-4)가 배우자(Hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상과 환자가 모두 가능하다. 그러므로, **1은 Hh와 2는 hh의 경우 상염색체 열성으로 존재 가능하다.**

질병H가 상염색체 우성 유전양식을 가지는 경우도 가능하다. 상염색체 우성으로 존재할 경우는 3)1은 hh와 2는 HH와 4)1은 hh와 2는 Hh의 두 가지 경우가 존재한다. 3)번의 경우 1세대 자손이 모두 환자(Hh)여야 하나 1-3이 정상이므로 맞지 않다. 4)번의 경우 1세대 자식으로 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 가능하고, 1세대 자식 환자(Hh)가 배우자(hh)와 결혼하면 2세대 자식에 정상(hh)과 환자(Hh)가 모두 나올 수 있다. 그러므로, **1은 hh와 2는 Hh의 경우 상염색체 우성으로 존재 가능하다.**

종합하면, **질병H의 유전양식은 상염색체 우성이나 상염색체 열성 중의 하나가 가능하다.**

(1-2) 1-1과 1-2 부부의 새 아기가 질병H를 가질 확률을 설명하시오.
상염색체 열성일 경우는 1-1은 hh와 1-2는 Hh로 새 아기가 환자 hh와 정상 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 50%이다.
상염색체 우성일 경우는 1-1은 Hh와 1-2는 hh로 새 아기가 정상 hh와 환자 Hh의 1:1로 나오는 확률이므로 질병을 가질 확률은 역시 50%이다. 따라서, **새 아이가 질병H를 가질 환자일 확률은 두 경우 모두 50%이다.**

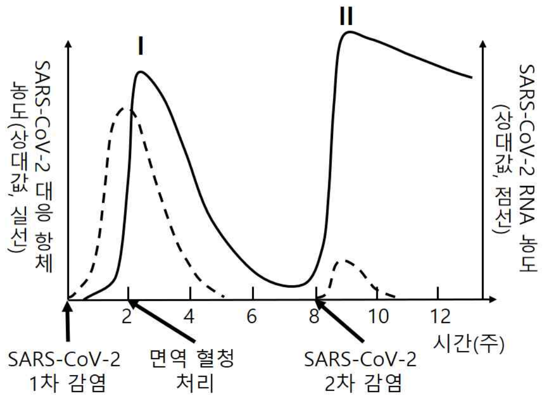
[문제 2]

(2-1) 시험자A는 COVID-19 백신 접종 후 1차 면역 반응으로 항체 형성 속도가 느리고 항체 생성량도 상대적으로 적다. 6주차에 SARS-CoV-2 바이러스에 감염시 2차 면역 반응으로 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 빠르게 형질 세포로 분화하여 많은 수의 형질 세포가 형성되고 많은 양의 항체가 빠른 속도로 만들어 진다.

시험자B의 경우 COVID-19 백신 접종 후 시험자A의 2차 면역 반응과 비슷한 많은 양의 항체가 빠르게 만들어졌다. 이로서 시험자B가 COVID-19 백신 접종 당시 이미 SARS-CoV-2 바이러스에 대한 기억 세포를 가지고 있음을 설명한다. **시험자B는 COVID-19 백신 접종 전에 SARS-CoV-2 바이러스에 노출되어 이미 1차 면역이 이루어진 상태였다고 추론할 수 있다.**

(2-2) 시험자C의 경우 구간I의 SARS-CoV-2 바이러스 대응 항체는 대부분 완치자 혈청에서 왔으며 시험자C의 1차 면역 반응에서의 만들어진 항체가 소량 섞여있다. 구간II의 바이러스 대응 항체는 바이러스 1차 감염으로부터 1차 면역 반응이 이루어지고 이로부터 생성된 기억 세포의 2차 면역 반응으로 시험자C의 체내에서 생성된 자신의 바이러스 대응 항체이다. 따라서, **I지점와 II지점의 바이러스 대응 항체 대부분은 생성된 사람이 서로 다르다.**

SARS-CoV-2 1차 감염시 시험자C는 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 없어서 효과적인 특이적 면역 반응이 이루어지지 못하고, 바이러스의 체내 증식이 이루어지면서 구간I의 바이러스의 유전물질 RNA 농도는 높아지게 된다. 이 때 면역 혈청이 처리되면 면역 혈청 내의 바이러스 대응 항체를 통해 체내 바이러스가 빠르게 제거되면서 바이러스 유전물질 RNA 농도가 줄어들게 된다. **1차 감염때 시험자C에서 SARS-CoV-2 대응 기억 세포가 만들어지고 2차 감염시 구간II에서는 기억 세포를 통해 효과적인 2차 면역 반응이 이루어지므로 바이러스 대응 항체가 급격히 늘어나고, 따라서 바이러스의 체내 증식이 억제되어 바이러스 RNA 농도는 늘지 못하고 곧 줄어들게 된다. 구간II에 RNA 농도 그래프는 아래와 같다.**



1 5

▶ 문항카드 9

[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계 B (화학) / 문제 1, 문제 2	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	화학 I	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	화학 I
	핵심개념 및 용어	산 염기의 정의, 산 염기 중화반응, 전자쌍 반발이론과 분자의 구조
예상 소요 시간	30 분	

2. 문항 및 제시문

제시문

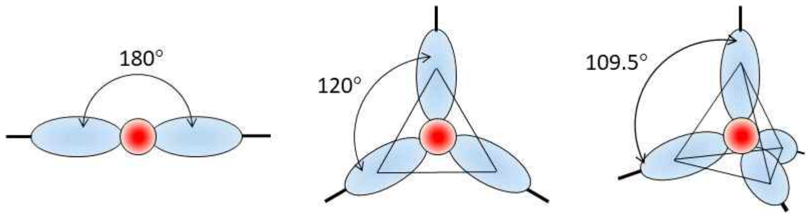
(가) 1923년 덴마크의 과학자 브뢴스테드와 영국의 과학자 로리는 산과 염기의 일반적인 정의를 제안하였다. 산은 반응 중 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질이고, 염기는 수소 이온을 받는 물질이라고 정의하였다. 예를 들어 HA와 B의 다음 반응에서, HA는 B에 H^+를 주므로 산이고, B는 HA로부터 H^+를 받으므로 염기이다. 역반응을 보면 HB^+는 A^-에 H^+를 주므로 산이고, A^-는 HB^+로부터 H^+를 받으므로 염기이다.

$$\mathrm{HA} + \mathrm{B} \rightleftarrows \mathrm{A}^- + \mathrm{HB}^+$$

(나) 산과 염기가 반응하면 산이 내놓는 수소 이온(H^+)과 염기가 내놓는 수산화 이온(OH^-)이 수용액에서 반응하여 물(H_2O)을 생성하는데, 이를 중화반응이라고 한다. 중화 반응이 일어날 때 수소 이온과 수산화 이온은 항상 1:1의 개수비로 반응하므로, 반응하는 수소 이온과 수산화 이온의 양(몰)은 항상 같다. 따라서 1 몰당 n 몰의 H^+를 내놓는 산과 1 몰당 n' 몰의 OH^-를 내놓는 염기가 반응하여 완전히 중화할 때, 몰농도가 M인 산 V L와 몰 농도가 M'인 염기 V'L 가 반응하여 완전히 중화된다면, $nMV = n'M'V'$의 관계식이 성립한다.

(다) 분자의 구조는 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들의 반발을 고려하여 예측할 수 있다. 공유 결합으로 형성된 분자에서 전자쌍들은 그들 사이의 반발을 최소로 하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배치를 가지려고 하는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다. 중심원자를 둘러싸고 있는 전자쌍이 공유 전

자쌍만 있을 경우에, 공유 전자쌍이 2개일 때 전자쌍의 반발을 최소로 하기 위한 배치는 선형이 된다. 공유 전자쌍이 3개일 때는 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되며, 공유 전자쌍이 4개일 때는 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치된다.



선형 평면 삼각형 정사면체

중심 원자 주위에 비공유 전자쌍이 있을 때는 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수에 따라 분자 구조가 달라진다. 중심 원자 주위에 3개의 공유 전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 존재하면 삼각뿔형, 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 존재하면 굽은 형이 된다.

문제 1 P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 이들 사이의 산-염기 반응식은 다음과 같다.

$$P + Q \rightleftarrows X + Y \qquad \text{(반응식 1)}$$

$$P + R \rightleftarrows Z + OH^- \qquad \text{(반응식 2)}$$

위 반응식에서 X와 Z는 양이온이고, Y는 음이온이다. 또한, 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다. X와 Z의 화학식과 구조를 제시문에 근거하여 설명하시오. 반응식 1에서 P와 Y는 각각 산으로 작용하는지 혹은 염기로 작용하는지 설명하시오.

문제 2 수용액 (I)은 0.1 M HCl이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$이다. 50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였다.
이 혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)이나 (II) 중에서 추가로 넣어주어야 할 수용액은 무엇이며 부피는 얼마일지 설명하시오.

3. 출제 의도

브뢴스테드 로리 산과 염기의 정의를 이해하고, 양쪽성 물질을 이해한다. 산 염기의 중화 반응에서 용액의 액성을 파악하고 양적관계를 계산할 수 있는지 평가한다. 또한 전자쌍 반발이론에 근거하여 분자의 구조를

파악할 수 있는지 평가한다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

영역별 내용		
제시문	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 – 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학Ⅰ03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항1	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 – 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다. [12화학Ⅰ03-05] 원자, 분자, 이온, 화합물을 루이스 전자점식으로 표현할 수 있다. [12화학Ⅰ03-06] 전자쌍 반발 이론에 근거하여 분자의 구조를 모형으로 나타낼 수 있다.
하위문항2	적용 교육과정	과학과 교육과정[제 2015 – 74호]
	성취기준	[12화학Ⅰ04-03] 산·염기 중화 반응을 이해하고, 산·염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.
※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학Ⅰ	최미화 외	미래엔	2018	164-1651 68-169 134-136
	고등학교 화학Ⅰ	박종석 외	비상교육	2018	148-1491 60-16112 3-125
	고등학교 화학Ⅰ	강대훈 외	와이비엠	2018	182-1831 86-18714 8-151
	고등학교 화학Ⅰ	이상권 외	지학사	2018	168-1691 70-171 133-136
	고등학교 화학Ⅰ	노태희 외	천재교육	2018	167-1681 76-17713 8-141
기타					

5. 문항 해설

1번 문항은 브뢴스테드 로리 산 염기의 정의 및 산 염기 물질 간의 반응을 이해하고 분자나 이온의 구조를 전자쌍 반발 이론으로 예측할 수 있는가를 묻는 문제이다.

P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 생기는 반응식은 총 3가지 경우가 있다.

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

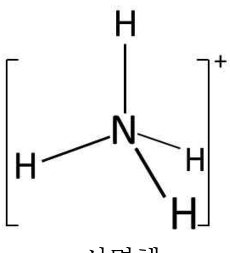
$H_2O + HCl \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

$H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

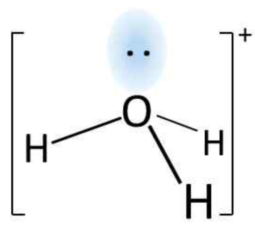
위의 세 가지 경우에서 문제의 두 번째 반응식처럼 OH^- 이 생성되는 경우는 한가지 밖에 없다. OH^- 이 생기려면 염기인 NH_3가 참여해야 하는데 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH^- 이 생성되지 않으므로 HCl과 반응하는 경우는 해당되지 않고, NH_3 와 H_2O 가 반응하는 경우이다.
따라서, P와 R은 각각 NH_3 와 H_2O 중의 하나 임을 알 수 있다. 아직까지는 어느 물질이 P이고 R인지는 알 수 없다.
남은 Q는 자연스럽게 HCl이 된다.

P와 R은 NH_3 와 H_2O 중에서 각각 어떤 물질인지 알기 위해서는 문제에 주어진 다음 조건을 이용해야 한다. 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 각 물질의 구조를 살펴보면 다음과 같다.

NH_4^+ 에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있으므로 사면체 이다.
H_3O^+ 에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있으므로 삼각뿔형이다.
NH_3 는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이다.
H_2O는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.

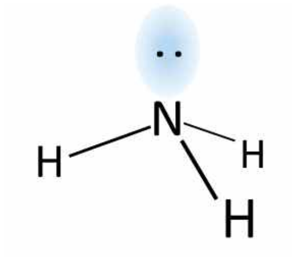


사면체

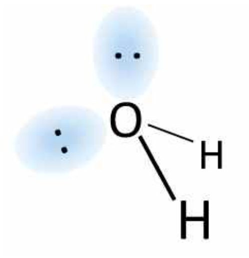


삼각뿔형

1	5



삼각뿔형



굽은 형

문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

이상의 정보를 정리하면
P는 H_2O, Q는 HCl, R은 NH_3
X는 H_3O^+, Y는 Cl^-, Z는 NH_4^+ 가 된다.

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$
$$H_2O + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

정반응과 역반응 모두에서 H^+를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로
반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.

$$\underset{\text{염기}}{H_2O} + \overset{\text{산}}{HCl} \rightleftarrows \underset{\text{산}}{H_3O^+} + \overset{\text{염기}}{Cl^-}$$

<u>따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.</u>

2번 문제는 중화반응에서의 산과 염기의 양적관계를 이해하고 계산하는지를 평가하는 문제이다.

수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$ 이다.
50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,
수용액 (I)에 들어있는 H^+의 총 몰수는 HCl 이 1가의 강산이므로,
$nMV = 1 \times 0.1\text{M} \times 50\text{mL} = 5\,\text{mmol}$ 이다.

1 5

수용액 (II)에 들어있는 OH^-의 총 몰수는 $Ba(OH)_2$ 이 2가의 강염기이므로,
$nMV = 2 \times 0.2\,\mathrm{M} \times 100\,\mathrm{mL} = 40\,\mathrm{mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가로 넣어주는 산의 몰수는 40 – 5 = 35 mmol 이고, 이를 수용액 (I)의 부피로 변환하면
$35\,mmol = 1 \times 0.1\,\mathrm{M} \times (\mathrm{x})\mathrm{mL}$

따라서 추가하는 수용액 (I)의 양은 350 mL 가 된다.

6. 채점 기준 ※ 선다형의 경우 생략 가능

하위 문항	채점 기준	배점
1	X, Z의 화학식을 정확히 찾았는가? X, Z의 분자 구조를 정확히 찾았는가? X, Z의 화학식과 분자 구조를 논리적으로 유추하였는가? P, Y가 염기인지를 정확히 찾았는가? P, Y가 왜 염기인지를 논리적으로 설명하였는가?	1 1 1 1 1
2	수용액 (I)를 첨가하는 것을 찾았는가? 추가할 수용액 (I)의 양을 정확히 계산하였는가?	1 1

7점 : A+
6점 : A
5점 : B+
4점 : B
3점 : C
2점 : D
1점 : E
0점 : F

7. 예시 답안 혹은 정답 ※ 선다형의 경우 정답만 기입

1) P, Q, R은 각각 세 가지 물질 HCl, NH_3, H_2O 중의 하나이다. 세 물질 중 두 물질이 반응하여 두 번째 반응식처럼 OH^-이 생성되는 경우는 염기인 NH_3가 참여하는 경우이다. 염기가 산과 반응하면 중화반응이 되어 OH^-이 생성되지 않으므로 OH^- 이 생성되는 경우는 NH_3 와 H_2O 가 반응하는 경우이다. 따라서, P와 R은 각각 NH_3 와 H_2O 중의 하나 임을 알 수 있다.
그러므로 Q는 자연스럽게 나머지 HCl이 된다.

1 / 5

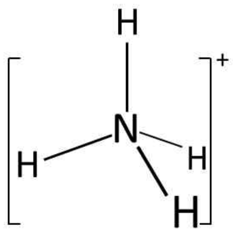
첫 번째 반응식은 P와 Q의 반응식이므로 NH_3 혹은 H_2O 과 HCl 과의 반응이다. 이들 반응식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

(경우 1) $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

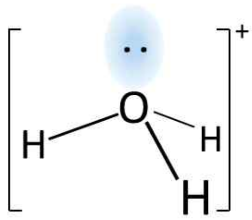
(경우 2) $H_2O + HCl \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

두 경우에서 생성되는 양이온 X는 NH_4^+ 혹은 H_3O^+ 이다.

두 양이온의 루이스 점전자식을 생각해보면 NH_4^+ 에는 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있고, H_3O^+ 에는 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있다. 따라서 제시문에 설명된 전자쌍 반발 이론으로 예측한 NH_4^+ 및 H_3O^+ 의 구조는 아래 그림과 같이 각각 사면체와 삼각뿔형이다.

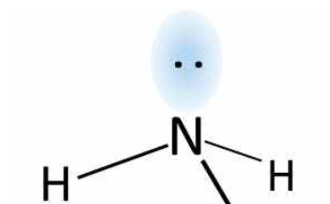


사면체

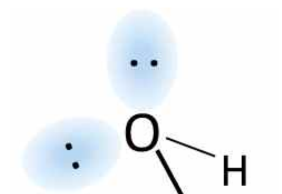


삼각뿔형

R은 NH_3 와 H_2O 중의 하나 이다. NH_3 는 중심원자 N의 주위에 공유전자쌍 3개와 비공유 전자쌍 1개가 있으므로 삼각뿔형이고, H_2O는 중심원자 O의 주위에 공유전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 있으므로 굽은 형이다.



삼각뿔형



굽은 형

한편, 문제에서 전자쌍 반발 이론으로 예상되는 X와 R의 구조는 서로 같다고 하였으므로 삼각뿔형으로 서로 구조가 같은 H_3O^+ 이 X가 되고, NH_3 가 R이 되어야 한다.

이상의 정보를 정리하면

P는 H_2O, Q는 HCl, R은 NH_3

X는 H_3O^+, Y는 Cl^-, Z는 NH_4^+ 가 된다.

1 5

X는 H_3O^+ 이고, 중심원자 O에 3개의 공유전자쌍과 1개의 비공유 전자쌍이 있어서 삼각뿔형이다. Z는 NH_4^+ 이고 중심원자 N에 4개의 공유 전자쌍이 있어서 사면체 형이다.

정반응과 역반응 모두에서 H^+를 주는 물질이 산, 받는 물질이 염기 이므로
반응식1에 산,염기를 표시하면 아래와 같다.

$$\underset{\text{염기}}{H_2O} + \overset{\text{산}}{HCl} \rightleftarrows \underset{\text{산}}{H_3O^+} + \overset{\text{염기}}{Cl^-}$$

따라서 P (H_2O)는 염기, Y (Cl^-)도 염기로 작용한다.

2) 수용액 (I)은 0.1 M HCl 이고, 수용액 (II)는 0.2 M $Ba(OH)_2$ 이다.
50 mL의 수용액 (I)과 100 mL의 수용액 (II)를 혼합하였을 때,
수용액 (I)에 들어있는 H^+의 총 몰수는 HCl 이 1가의 산이므로,
$nMV = 1 \times 0.1\,\mathrm{M} \times 50\,\mathrm{mL} = 5\,\mathrm{mmol}$ 이다.

수용액 (II)에 들어있는 OH^-의 총 몰수는 $Ba(OH)_2$ 이 2가의 염기이므로,
$nMV = 2 \times 0.2\,\mathrm{M} \times 100\,\mathrm{mL} = 40\,\mathrm{mmol}$ 이다.

염기의 양이 많으므로 완전히 중화하기 위해서는 수용액 (I)를 추가로 넣어 주어야 한다.

추가하는 수용액 (I)의 양을 x mL 라고 하면, 완전 중화를 위해서
$nMV = n'M'V'$
$1 \times 0.1\,\mathrm{M} \times (50 + x)mL = 2 \times 0.2\,\mathrm{M} \times 100\,\mathrm{mL}$
$x = 350$

혼합 용액을 완전히 중화하기 위해 수용액 (I)를 350 mL를 추가로 넣어 주어야 한다.

1 5

▶ 문항카드 10

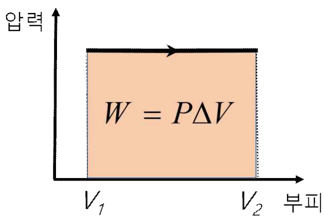
[건국대학교 문항정보]

1. 일반 정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사 □ 선다형고사	
전형명	KU논술우수자전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	과 학	
입학 모집요강에 제시한 자격 기준 과목명	자연계 B(물리학 Ⅰ) / 문제 1, 문제 2	
출제 범위	과학과 교육과정 과목명	물리학 Ⅰ
	핵심개념 및 용어	열과 에너지, 열역학 법칙, 기체의 팽창, 등온과정, 등압과정, 단열과정, 이상기체
예상 소요 시간	100분	

2. 문항 및 제시문

제시문



(가) 단면적이 A인 실린더 속에 들어 있는 기체가 일정한 압력 P를 유지하면서 피스톤을 거리 Δl만큼 밀어낼 때 피스톤에 작용하는 힘 F는 $F = PA$이다. 이 힘에 의하여 피스톤의 거리 Δl만큼 이동하므로 기체가 피스톤에 한 일 W는 다음과 같다.

$W = F \times \Delta l = P \times (A \Delta l) = P \Delta V$ (단, ΔV는 부피의 변화량)

기체가 압력 P를 일정하게 유지하면서 팽창되는 동안 압력과 부피 사이의 관계를 나타내면 오른쪽 그림과 같다. 이때 기체가 외부에 한 일은 $W = P \times (V_2 - V_1)$로 그래프 아랫부분의 넓이와 같고 일의 부호는 양(+)이다.

(나) 입자 사이에 상호작용이 없는 이상적인 경우에 대하여, 물체를 구성하는 입자의 평균 운동 에너지의 합을 내부 에너지(U)라고 한다. 온도가 높아지면 입자들의 운동이 활발해지므로 입자의 평균 운동 에너지의 합이 증가한다. 따라서 내부 에너지는 절대 온도 T에 비례한다.

압력

(다) 용기 속의 기체가 외부로부터 열을 받으면 그 열은 항상 같은 양의 일이나 내부 에너지로 전환된다. 기체가 열을 받으면 내부 에너지가 증가하고, 기체 입자들의 운동이 활발해진다. 그러면서 용기의 내벽과 충돌하여 부피가 팽창하면 외부에 일을 한다. 이러한 관계를 식으로 나타내면

$$Q = \Delta U + W$$

와 같다. 여기서 Q는 기체가 외부로부터 받은 열이고, ΔU는 기체의 내부 에너지 변화량, W는 기체가 외부에 해준 일이다. 즉, 기체가 흡수한 열이 내부 에너지의 변화량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다는 것을 나타낸다. 이를 열역학 제1법칙이라고 하며, 열과 역학적 에너지를 포함한 에너지 보존 법칙이다.

(라) 기체의 압력이 일정한 열역학 과정을 등압 과정이라고 한다. 기체의 온도가 일정한 열역학 과정을 등

온 과정이라고 한다. 기체가 열을 흡수하거나 방출하지 않는 열역학 과정을 단열 과정이라고 한다. 기체의 부피가 변하지 않는 열역학 과정을 등적 과정이라고 한다.

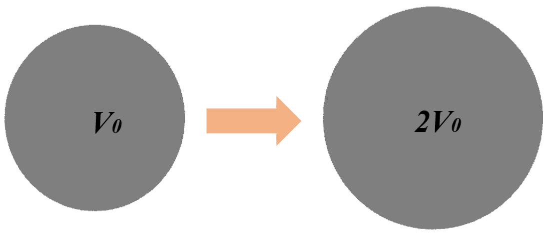
(마) 기체에 열을 가하면서 기체의 압력을 일정하게 유지하면, 기체의 온도가 증가하면서 기체의 부피도 증가한다. 즉 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{V}{T} = \text{일정}$$

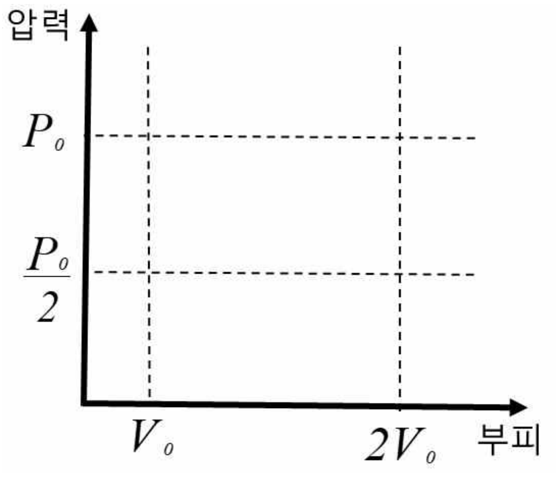
한편, 온도가 일정할 때 기체의 부피와 압력은 서로 반비례한다. 즉 다음 관계가 성립한다.

$$PV = \text{일정}$$

온도가 T_0이고 내부 압력이 P_0인 이상기체로 채워진 공이 있다. 다음 그림과 같이 공의 부피가 V_0에서 $2V_0$로 등압 과정, 등온 과정, 혹은 단열 과정을 통해 각각 팽창한다. 단, 공의 탄성은 무시한다.



문제 1 이때 위 세 가지 과정을 통해 팽창하는 기체의 부피에 따른 압력의 변화를 다음 주어진 압력-부피 그래프에 각각 개략적으로 나타내시오.



문제 2 이때 각각의 팽창 과정을 통해 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기와 기체의 내부 에너지 변화를 표에 정리하고자 한다. 다음 표에서 (a)-(c)에 해당되는 팽창 과정을 쓰고, (d)-(f)에는 기체가 외부에 해준 일의 크기가 큰 것부터 L, M, S로 쓰시오. (a), (b), (c) 과정의 선택 이유를 온도와 관련지어 설명하시오.

팽창 과정의 종류	기체가 외부에 한 일의 상대적 크기	내부 에너지 변화
(a)	(d)	없음
(b)	(e)	증가
(c)	(f)	감소

3. 출제 의도

기체의 등압과정, 등온과정, 단열과정에 의해 팽창하는 경우, 기체가 외부에 한 일, 내부에너지의 변화량, 기체 온도의 변화를 통해 기체의 팽창운동을 이해한다. 압력-부피 그래프에서 아래 면적이 기체가 외부에 한 일에 해당됨을 이해한다. 따라서 여러 가지 팽창과정을 통해 기체가 외부에 한 일의 크기를 정성적으로 이해한다. 또, 팽창 후 내부에너지의 변화를 통해 기체의 온도변화를 이해한다. 이를 통해 기체가 외부에 한 일의 크기 변화를 이해하고, 궁극적으로 팽창과정을 이해한다. 또, 등압과정과 등온과정에서 일의 차이를 분자 운동 측면에서 이해할 수 있다. 팽창에 대한 전반적인 기체의 운동과 제시문을 통해 논리적 문제해결능력을 평가하고자 하였다.

4. 문항 및 제시문의 출제 근거

가) 교육과정 근거

		영역별 내용
제시문	(가)	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(나)	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(다)	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리 I 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(라)	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리 I 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	(마)	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다.
하위문항	문제1	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리 I 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.
	문제2	(1)역학과 에너지 [12물리 I 01-07-00] 열기관이 외부와 열과 일을 주고받아 열기관의 내부에너지가 변화됨을 사례를 들어 설명할 수 있다. [12물리 I 01-08-00] 열이 모두 일로 전환되지 않는다는 것을 사례를 들어 설명할 수 있다.

※ 일반 정보 중 출제 범위 항목의 '과학과 교육과정 과목명'과 일치하여야 함.
※ 제시문 및 하위 문항별로 해당하는 교육과정 문서상의 모든 출제 근거 항목 기재

나) 자료 출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 Ⅰ	송진웅 외 4인	동아출판	2018	54
	물리학 Ⅰ	김성원 외 5인	지학사	2019	53-56
	물리학 Ⅰ	김성진 외 6인	미래엔	2018	57-58
	물리학 Ⅰ	손정우 외 5인	비상교육	2018	56-57
기타					

5. 문항 해설

[문제 1]
물리 I 교과 과정에 수록된 열역학 과정을 이해하고, 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 동안 기체의 압력 변화의 이해를 평가하는 문제이다. 또, 각각의 과정에 대해 압력-부피 그래프를 개략적인 그리게 하여 기체의 팽창에 대한 전반적인 이해를 평가한다.

[문제 2]

교과 과정에 소개된 지식을 바탕으로 등온, 등압, 단열 과정을 통해 팽창하는 기체의 내부 에너지 변화와 기체가 외부에 해준 일의 크기에 대한 이해를 평가하는 문제이다. 각각의 과정으로 팽창 한 후 내부에너지의 증가, 감소, 일정의 세 경우를 온도의 증가, 감소, 일정에 대응하여 이해하고, 이를 통해 등압, 등온, 단열 과정 중 어떤 과정에 해당되는지에 대한 이해를 확인하였다. 또 각 과정을 통해 팽창한 기체가 외부에 해준 일의 상대적 크기에 대한 이해를 확인하였다.

6. 채점 기준