

2015학년도 경북대학교 대학입학전형 수시모집  
**AAT 자연계열 II 문제지**

시 험 시 간	15:30 ~ 17:10 (100분)		
지원학과(부)	학과(부, 전공)		감독위원 확인
수 험 번 호			Ⓜ
성 명			

감독관의 지시가 있기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

< 수험생 유의 사항 >

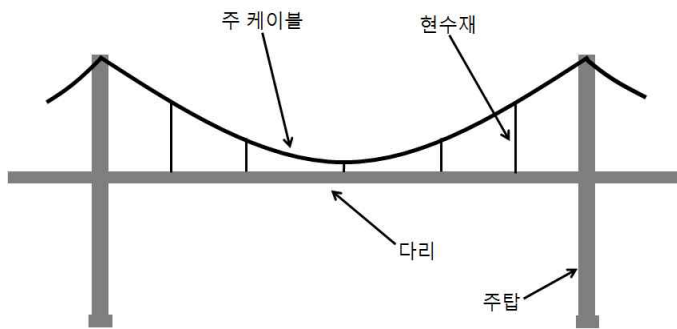
※ 자연계열 II 문제지와 자연계열 II 답안지가 맞는지 확인할 것

1. 문제지에 지원학과(부, 전공), 수험번호, 성명을 정확하게 기입할 것 [반드시 검정색 필기구 (볼펜, 연필 등) 중 1가지를 계속 사용할 것]
2. 답안지에 지원학과(부, 전공), 성명, 수험번호, 주민등록번호 앞자리를 정확하게 기입할 것 [반드시 검정색 필기구(볼펜, 연필 등) 중 1가지를 계속 사용할 것]
3. 문제지는 6쪽(수학 2쪽, 물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학 각 1쪽)으로 구성되어 있으며, 답안지는 4쪽(수학 2쪽, 선택과목 2쪽)으로 구성되어 있음
4. 과학탐구영역(물리, 화학, 생명 과학, 지구 과학)에서 반드시 2개의 과목을 선택하여, 답안지의 해당란에 ● 표기하고 선택한 과목명을 기재하여야 함
5. 답안지에 주어진 물음 번호에 맞추어 답안을 작성하되, 반드시 주어진 테두리 안에 답안을 작성할 것(테두리를 벗어난 부분은 채점 대상에서 제외함)
6. 답안의 작성은 반드시 검정색 필기구(볼펜, 연필 등) 중 1가지를 계속 사용할 것
7. 답안을 수정할 경우 지우개를 사용하거나 두 줄을 긋고 다시 작성하여야 함
8. 답안지에 자신의 신원을 드러내거나 문제와 관계없는 내용을 기록할 경우에는 “0”점 처리함
9. 연습지가 필요한 경우 문제지의 빈 공간을 사용할 수 있음

# 수 학 ( 문제 1 )

## 【제시문 1】

우리나라에는 광안대교, 남해대교, 인천대교 등 다양한 현수교가 있다. 이러한 현수교의 구조는 [그림 1]과 같이 주탑, 주탑을 잇는 주 케이블, 주 케이블에 연결되어 있는 현수재 그리고 현수재와 주탑에 지지되어 있는 다리로 이루어져 있다. 주 케이블의 모양은 다리의 하중, 주 케이블의 길이, 주탑 사이의 간격, 현수재 사이의 간격 등에 의하여 결정되며, 현수재의 유무에 따라 이차곡선 모양 혹은  $\frac{1}{2}(e^t + e^{-t})$  와 같은 현수선함수의 곡선 모양을 가진다.



[그림 1]

## 【제시문 2】

구간  $[-a, a]$ 에서 정의된 세 이차함수  $p(x)$ ,  $q(x)$ ,  $r(x)$ 의 그래프가 [그림 2]와 같을 때

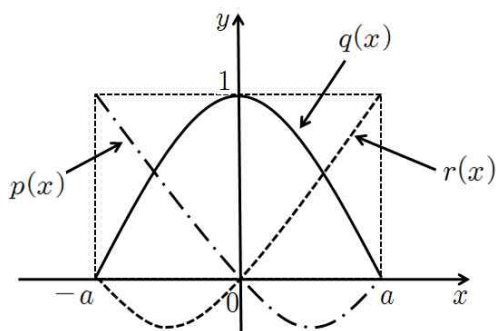
$$p(x) = \frac{1}{2a^2}x(x-a), \quad q(x) = -\frac{1}{a^2}(x^2 - a^2), \quad r(x) = \frac{1}{2a^2}x(x+a)$$

이다. 단,  $a > 0$  이다.

구간  $[-a, a]$ 에서 정의된 모든 이차함수  $f(x)$ 는 세 이차함수  $p(x)$ ,  $q(x)$ ,  $r(x)$ 를 사용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x) = Lp(x) + Mq(x) + Nr(x)$$

여기서  $L, M, N$ 은 상수이다.



[그림 2]

## 【제시문 3】

구간  $[a, b]$ 에서 정의된 함수  $f(x)$ 가 연속인 도함수를 가질 때, 이 구간에서 그래프  $y = f(x)$ 의 길이는 정적분

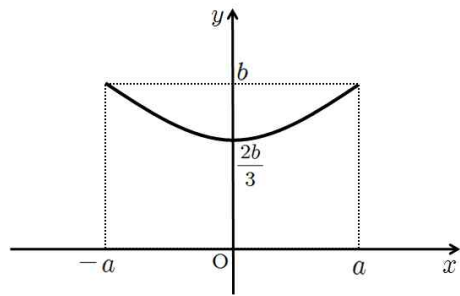
$$\int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx$$

로 계산할 수 있다.

※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

## 【물음 1】

【제시문 1】의 현수교에서 두 주탑 사이의 주 케이블의 곡선이 아래 그림과 같이 두 점  $(-a, b)$ ,  $(a, b)$ 를 지나고 꼭짓점이  $(0, \frac{2b}{3})$ 인 이차함수  $f(x)$ 라고 가정하자. 【제시문 2】에 근거하여, 함수  $f(x)$ 를  $p(x)$ ,  $q(x)$ ,  $r(x)$ 를 사용하여 표현하시오. 단, 그림에서  $O$ 는 원점이고  $a, b > 0$ 이다. (30점)

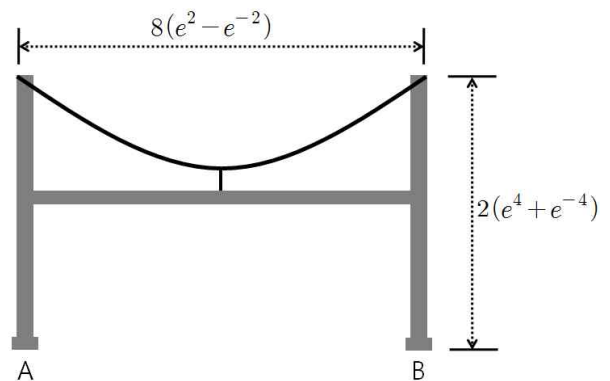


## 【물음 2】

적분변수  $x$ 를 【제시문 1】에서 주어진 현수선함수의 도함수 꼴로 치환하여, 정적분  $\int_0^{\frac{1}{2}(e^a - e^{-a})} \sqrt{x^2 + 1} dx$ 를 구하시오. 단,  $a \neq 0$ 이다. (30점)

## 【물음 3】

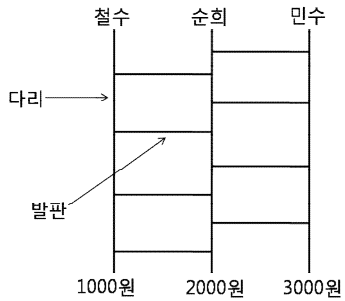
아래 그림과 같이 높이가  $2(e^4 + e^{-4})$ 인 주탑 A, B의 중간에 다리가 있고, 다리의 중간에 높이가 2인 하나의 현수재가 사용된 현수교가 있다고 가정하자. 주 케이블이 이차곡선 모양이고 다리의 길이가  $8(e^2 - e^{-2})$ 라고 할 때, 주 케이블의 길이를 【제시문 1】 【제시문 2】 【제시문 3】을 사용하여 구하시오. 단, 다리, 주탑, 주 케이블, 현수재의 두께는 무시한다. (40점)



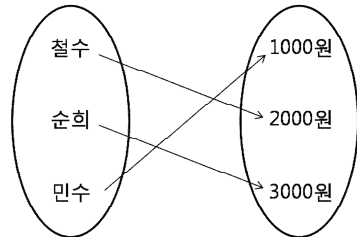
# 수 학 ( 문제 2 )

## 【제시문 1】

철수, 순희, 민수는 간식을 사먹기 위하여 [그림 1]과 같이 다리가 3개인 사다리타기를 하여 간식 값으로 각각 2000원, 3000원, 1000원을 지불하였다. 이 지불 관계를 함수로 나타내면 [그림 2]의 일대일 대응이 된다.



[그림 1]



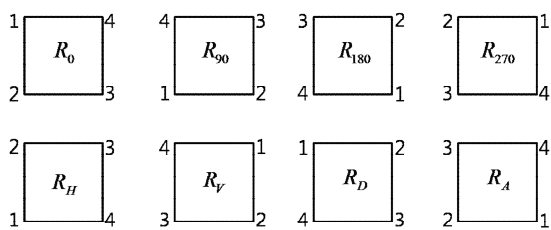
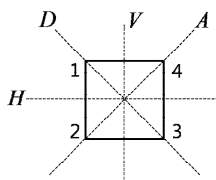
[그림 2]

일반적으로 다리가  $n$ 개인 사다리타기 도형은 원소의 개수가  $n$ 인 두 집합 사이의 일대일 대응을 만들어 준다. 역으로, 원소의 개수가  $n$ 인 두 집합 사이의 일대일 대응이 주어지면 이에 상응하는 사다리타기 도형을 만들 수 있다.

위의 일대일 대응에 상응하는 사다리타기 도형을 만드는 과정을 간단히 소개한다. 먼저 [그림 1]과 같이 위쪽과 아래쪽에 차례대로 각각 철수, 순희, 민수와 1000원, 2000원, 3000원이 표시된 다리를 배열한다. 철수가 2000원에 대응되도록 발판을 놓아 사다리를 만든다. 만들어진 사다리에서 순희가 3000원에 대응되는지 먼저 확인하고, 대응되어 있지 않으면 같은 방법으로 순희가 3000원에 대응되도록 이미 놓여진 발판보다 위쪽에 발판을 놓아 사다리를 만든다. 이렇게 만들어진 사다리타기 도형은 민수를 1000원에 대응시키게 되어 원하는 사다리타기 도형을 얻을 수 있다.

## 【제시문 2】

정다각형 또는 정다면체의 대칭성을 이용하여 여러 가지 일대일 대응을 만들 수 있다. 정사각형의 중심을 기준으로  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$  만큼 정사각형을 회전하여 만들어지는 4가지 정사각형  $R_0, R_{90}, R_{180}, R_{270}$  과 정사각형을 수평선( $H$ ), 수직선( $V$ ), 두 대각선( $D, A$ )에 대하여 대칭이동하여 만들어지는 4가지 정사각형  $R_H, R_V, R_D, R_A$  를 [그림 3]과 같이 얻을 수 있다.



[그림 3]

이러한 회전 혹은 대칭이동을 이용하여, 원래 정사각형의 각 꼭짓점에 새로운 정사각형의 꼭짓점을 대응시키는 일대일 대응을

얻을 수 있다. 대각선  $A$ 에 대한 대칭이동에 의하여 만들어지는 일대일 대응  $R_A : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$ 는

$$R_A(1) = 3, R_A(2) = 2, R_A(3) = 1, R_A(4) = 4$$

이다.

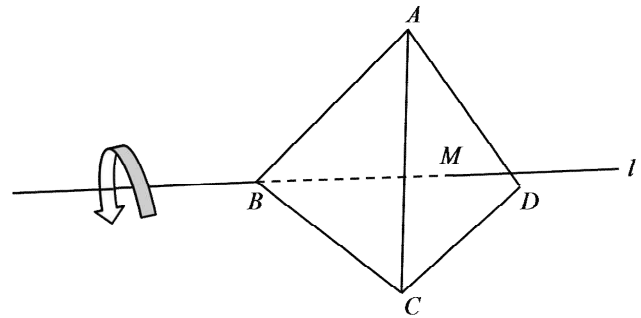
※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

## 【물음 1】

함수  $f : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$ 가  $f(1) = 4, f(2) = 2, f(3) = 3, f(4) = 1$ 인 일대일 대응일 때, 【제시문 1】을 참고하여 함수  $f$ 에 상응하는 사다리타기 도형을 만드시오. 단, 위쪽과 아래쪽에 각각 1, 2, 3, 4의 번호가 표시된 4개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열하고 6개 이하의 발판을 사용하시오. (20점)

## 【물음 2】

아래 그림과 같이 정사면체  $ABCD$ 의 꼭짓점  $B$ 와 삼각형  $ACD$ 의 무게중심  $M$ 을 지나는 직선을  $l$ 이라고 하자. 정사면체  $ABCD$ 를 직선  $l$ 을 축으로 아래 그림과 같이 화살표 방향으로  $120^\circ$ 만큼 회전한다.



(1) 【제시문 1】 【제시문 2】를 참고하여 원래 정사면체의 각 꼭짓점에 위의 회전에 의하여 얻어진 새로운 정사면체의 꼭짓점을 대응시키는 일대일 대응을 구하시오. (20점)

(2) 【물음 2】의 (1)에서 구한 일대일 대응에 상응하는 사다리타기 도형을 【제시문 1】을 참고하여 구하시오. 단, 위쪽과 아래쪽에 각각  $A, B, C, D$ 가 표시된 4개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열하고 5개 이하의 발판을 사용하시오. (20점)

## 【물음 3】

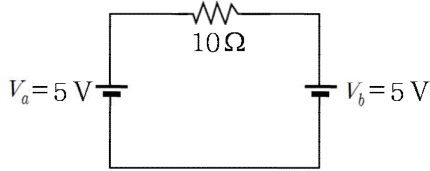
【제시문 1】을 참고하여 2 이상의 모든 자연수  $n$ 에 대하여 함수  $f : \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \rightarrow \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 이 일대일 대응일 때, 함수  $f$ 에 상응하는 사다리타기 도형이 존재함을 수학적 귀납법으로 보이시오. 단, 사다리타기 도형에서 위쪽과 아래쪽에 각각  $a_1, a_2, \dots, a_n$ 과  $b_1, b_2, \dots, b_n$ 이 표시된  $n$ 개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열한다. (40점)

# 물 리

## 【제시문 1】

저항값이  $R$ 인 저항에 걸린 전압을  $V$ , 흐르는 전류의 세기를  $I$ 라고 할 때,  $V=IR$ 의 관계가 성립한다. 저항값이 각각  $R_A, R_B$ 인 두 저항 A, B를 직렬로 연결할 경우 합성 저항값은  $R_A + R_B$ 이고, 병렬로 연결할 경우 합성 저항값은  $\frac{R_A R_B}{R_A + R_B}$ 이다.

전압이  $V_a, V_b$ 인 전지 a, b가 포함되어 있는 임의의 회로에서, 특정 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I$ 는 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다. 먼저  $V_b = 0$ 이라고 가정하고  $V_a$ 에 의해서 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I_a$ 를 구한다. 이때 전지 b는 저항이 0인 도선과 같다. 마찬가지로  $V_a = 0$ 이라고 가정하고  $V_b$ 에 의해서 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I_b$ 를 구한다. 이 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I$ 는  $I_a + I_b$ 가 된다. 예를 들어 [그림 1]의 회로에서 저항에 흐르는 전류의 세기는 전압  $V_a$ 에 의한 전류 0.5 A와 전압  $V_b$ 에 의해 반대방향으로 흐르는 전류 -0.5 A를 더해 0이 된다.

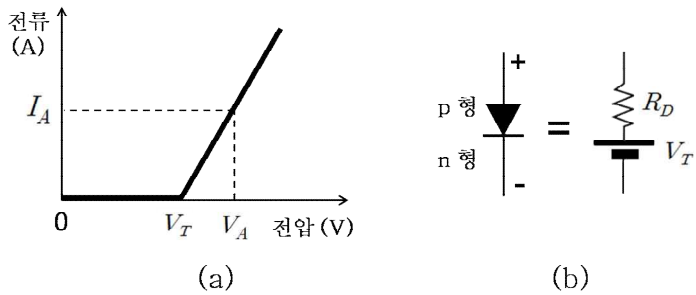


[그림 1]

코일이나 폐회로를 통과하는 자기력선속이 변하게 되면 코일에 유도 기전력이 발생한다. 유도 기전력은 자기력선속의 시간 변화율에 비례하고, 유도 전류는 코일을 통과하는 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 생긴다.

## 【제시문 2】

p-n 접합 다이오드는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합시켜 만든 소자이다. 다이오드에 전류를 흘리기 위해서는 전지의 양(+극) 단자를 p형에 연결하고 전지의 음(-극) 단자를 n형에 연결하여 순방향 전압이 걸리도록 해야 한다. 또한 저항과 달리 다이오드의 양단에 일정한 전압 이상을 걸어주어야 순방향 전류가 흐르게 된다.



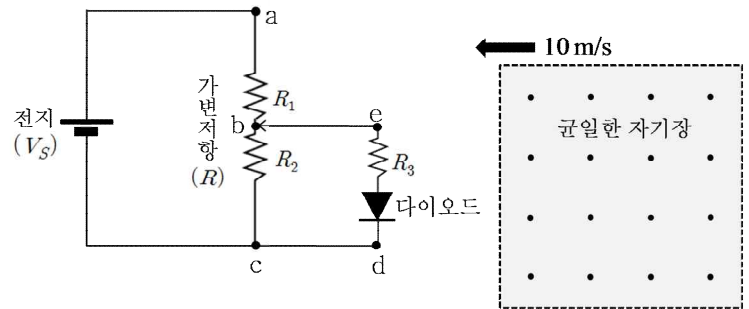
[그림 2]

[그림 2](a)는 다이오드에 걸린 순방향 전압과 다이오드에 흐르는 순방향 전류의 관계를 단순화하여 나타낸 전압-전류 특성 곡선이다. 즉, 다이오드에 걸여준 순방향 전압이  $V_T$ 에 도달할 때까지는 전류가 흐르지 않다가  $V_T$  이상에서는 일정한 비율로 전류가 증가한다. 이때 직선의 기울기의 역수를 동적저항이라고 한다. 순방향 전압이  $V_T$ 보다 클 경우, 다이오드는 [그림 2](b)와

같이 전압이  $V_T$ 인 전지와 저항값이  $R_D$ 인 동적저항이 직렬로 연결된 소자로 해석할 수 있다.

## 【제시문 3】

다이오드의 전압-전류 특성곡선을 구하기 위해서 [그림 3]과 같은 간단한 회로를 구성하였다. 이 회로에서는 전압이 일정한 전지를 사용하고, 다이오드에 걸리는 전압을 조절하기 위해서 가변저항을 사용하였다. 가변저항은 a, b, c 세 개의 단자로 되어 있고 b단자의 접촉 위치를 변화시키면 a와 b사이의 저항값  $R_1$ 과 b와 c사이의 저항값  $R_2$ 가 변한다. 가변저항의 전체 저항값이  $R$ 이면,  $R_1 = R - R_2$ 가 된다. 다이오드에 걸리는 전압은 전압계로 측정하고, 다이오드에 흐르는 전류는 저항값이  $R_3$ 인 저항에 걸리는 전압을 측정하여  $R_3$ 으로 나누면 구할 수 있다.



[그림 3]

단, [그림 3]의 회로에서 전지의  $V_S$ 는 5.0 V, 가변저항의  $R$ 은 200 Ω,  $R_3$ 은 10 Ω이다. 다이오드의  $V_T$ 는 1.0 V, 동적저항  $R_D$ 는 90 Ω이다. 【물음 1】 【물음 2】에서는 자기장의 영향을 무시한다.

※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

## 【물음 1】

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 100 Ω으로 조절하였다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 다이오드에 흐르는 전류의 세기를 구하시오. (30점)

## 【물음 2】

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 0에서부터 점점 증가시킨다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 다이오드에 전류가 흐르기 시작할 때의  $R_2$ 를 구하시오. (30점)

## 【물음 3】

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 100 Ω으로 조절하였다. 정사각형 모양의 균일한 자기장이 형성되어 있는 점선영역이 정사각형 bcde 회로의 방향으로 일정한 속력 10 m/s로 이동하고 있다. 자기장의 세기는 2.0 T이고, 그 방향은 종이 면에서 수직으로 나오는 방향이다. bcde 회로의 한 변의 길이는 0.10 m이고, 자기장 영역의 한 변의 길이는 0.20 m이다. 자기장 영역의 왼쪽 경계선이 bcde 회로의 중앙을 통과하는 순간, 다이오드에 흐르는 전류를 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 구하시오. (40점)

# 화 학

## 【제시문 1】

어떤 원자는 다른 원자와 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 안정한 전자 배치를 이루며 옥텟 규칙을 만족한다. 이처럼 2개 이상의 원자들이 전자쌍을 공유하면서 형성되는 화학 결합을 공유 결합이라고 한다. 2주기 원자인 N과 O의 원자가 전자 수는 각각 5개와 6개이다. 이들은 각각 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O) 분자와 같이 옥텟 규칙을 만족하는 공유 결합 분자를 이룰 수 있다. 3주기 원자인 P와 S의 경우도 원자가 전자 수는 각각 5개와 6개로 옥텟 규칙을 만족하는 분자(PH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S)를 형성하지만 PCl<sub>5</sub>, SF<sub>6</sub>와 같은 분자도 형성할 수 있다. PCl<sub>5</sub>에서 P 원자는 10개의 전자를 공유하며, SF<sub>6</sub>에서 S 원자는 12개의 전자를 공유한다. 이런 식으로 8개 이상의 전자를 갖는 분자나 이온은 확장된 옥텟 규칙이 적용되었다고 한다.

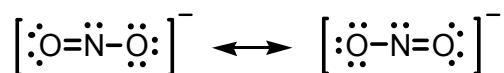
원자가 전자를 공유하면서 결합할 때 원자마다 전자를 끌어당기는 힘이 다르다면 전자쌍은 어느 한쪽으로 치우치게 된다. 이처럼 공유 결합을 형성하고 있는 두 원자 사이에 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 것을 전기 음성도라고 한다. 폴링은 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 플루오린(F)의 전기 음성도를 4.0으로 정하고 다른 원자들의 전기 음성도를 상대적으로 정하였다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하며, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 대체로 감소한다. 플루오린화 수소(HF) 분자에서 플루오린의 전기 음성도는 수소의 전기 음성도인 2.1보다 매우 크다. 따라서 전자가 플루오린에 치우친 상태로 불균일하게 존재하여 플루오린은 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, 반대로 수소는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠게 된다. 이러한 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. 극성 공유 결합은 원자들이 전자를 완전히 옮길 정도는 아니고 동등한 공유를 이루는 것도 아닌 중간적인 결합이다.

## 【제시문 2】

공유 결합 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로 반발력이 최소가 되기 위해서는 가능한 한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이것을 전자쌍 반발 이론이라고 하며, 이로부터 분자의 구조와 모양을 예측할 수 있다. 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이보다 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이가 더 크고, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 가장 크다.

## 【제시문 3】

다음은 옥텟 규칙을 만족하는 아질산 이온(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)의 두 가지 루이스 구조식을 나타낸 것이다. 두 구조는 원자의 배열은 동일하지만 전자의 배치가 서로 다르다.



이러한 종류의 루이스 구조를 공명 구조라고 하며, 보통 그림과 같이 양 방향 화살표( $\longleftrightarrow$ )로 나타낸다. 공명 구조를 가지는 분자나 이온은 일반적으로 안정하다. 공명 구조를 가지는 대표적인 분자로는 벤젠(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), 나프탈렌(C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)과 같은 방향족 탄화수소가 있으며, 이온으로는 탄산 이온(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), 황산 이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 등이 있다.

## 【제시문 4】

수소 원자를 가진 분자의 H-X 결합이 극성을 갖게 될 때, 그 분자는 수소 이온(양성자, H<sup>+</sup>)을 내어놓는 산으로 행동한다. H-X로부터 수소 원자가 쉽게 이온화 될수록 산의 세기는 커진다. 일반적으로 두 분자의 산의 세기를 비교할 때, H-X 결합의 극성이 클수록 산의 세기가 커진다. 또한, H-X에서 수소 이온이 떨어져 나간 상태인 짝염기(X<sup>-</sup>)의 안정성이 클수록 산의 세기가 커진다.

## 【물음 1】

SF<sub>4</sub>와 SF<sub>6</sub>가 같은 농도로 용해되어 있는 벤젠 용액을 각각 준비하여 뷰렛에 부어둔다. 가느다란 용액 줄기가 떨어지도록 뷰렛 꼭지를 열어 둔 후에 (+)전하로 대전된 유리 막대를 두 용액 줄기에 같은 거리로 두었다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 용액 줄기의 움직임이 보다 크게 관찰되는 용액은 무엇인지 설명하시오. 단, 두 분자의 타당한 기하학적 구조를 나타내어야 한다.

(30점)

## 【물음 2】

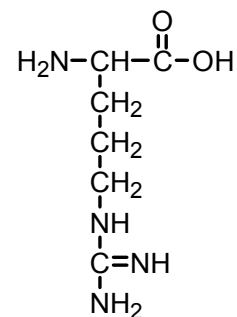
실험실에서 소량의 수소(H<sub>2</sub>) 기체를 얻고자 한다. 같은 농도와 부피의 메탄올(CH<sub>3</sub>OH), 질산(HNO<sub>3</sub>), 아질산(HNO<sub>2</sub>) 수용액에 같은 크기의 아연 조각을 각각 넣었을 때, 반응 초기에 단위 시간 동안 가장 많은 수소 기체를 얻을 수 있는 용액은 무엇인지 【제시문 1】

【제시문 3】 【제시문 4】에 근거하여 설명하시오. (30점)

## 【물음 3】

아미노산은 아미노기(-NH<sub>2</sub>)와 카복시기(-COOH)를 동시에 가지는 화합물이다. 아미노산이 물에는 잘 녹지만 유기 용매에 잘 녹지 않는 이유는 분자 내에서 이온화되어 극성을 띠기 때문이다. 즉, 아미노산은 물에 녹아 있을 때 분자 내에 양이온과 음이온을 가지는 양쪽성 이온의 상태로 존재한다. 다음은 생물에 존재하는 아미노산의 일종인 아르지닌(arginine)의 구조식이다.

【제시문 1】 【제시문 3】 【제시문 4】에 근거하여 아르지닌이 물에 녹아 있을 때 양쪽성 이온 상태의 구조식을 그리고, 그 이유를 설명하시오. 단, pH 조건은 수소 이온을 내어놓는 산성 위치와 수소 이온을 받는 염기성 위치가 각각 1개만 존재한다고 가정한다. (40점)



# 생 명 과 학

## 【제시문 1】

1865년 멘델은 완두콩 실험으로 하나의 형질을 결정하는 유전 인자가 쌍으로 존재한다고 밝혔다. 그는 쌍을 이룬 유전 인자는 생식 세포가 형성될 때 분리되어 다른 생식 세포로 들어간다는 분리의 법칙과 두 쌍 이상의 대립 형질이 함께 유전될 때 서로의 유전에 영향을 미치지 않고 유전되는 독립의 법칙을 발견하였다. 1902년 서턴은 멘델이 가정한 유전 인자가 염색체에 있으며, 염색체를 통해 자손에게 전달된다는 염색체설을 주장하였다. 멘델이 생각한 유전 인자는 오늘날 유전자에 해당한다. 1926년 모건은 유전자가 염색체의 일정한 위치에 자리하고 있으며, 한 가지 형질을 결정하는 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다는 유전자설을 발표하였다. 그리고 한 염색체에서 서로 다른 형질의 두 유전자가 가까이 존재하면 연관되어 같이 유전되는 경향이 있음을 규명하였다. 1990년 초에 시작된 인간 유전체 사업(Human Genome Project)은 사람의 DNA 염기서열을 분석하여 유전자의 수가 약 3만개 이하인 것을 밝혔다. 생물의 특징을 나타내는 유전 정보의 총합을 유전체라고 한다.

## 【제시문 2】

세포는 성장하고 분열하여 딸세포를 얻는 과정을 일정기간 동안 주기적으로 반복하는데 새로 생긴 딸세포가 다시 분열을 마칠 때까지의 과정을 세포 주기라고 한다. 세포 주기는 세포의 종류와 환경에 따라 다양하다. 감수 분열은 정소와 난소 같은 생식기관에서 딸세포의 염색체 수가 모세포의 절반이 되는 과정으로, 상동 염색체끼리 결합하여 2가 염색체가 된 후 무작위로 분리되어 생식 세포를 형성한다. 또한 이 과정에서 염색체 부위의 일부가 교환되는 교차에 의해 대립 유전자가 바뀔 수 있다. 상동 염색체가 결합하고 2가 염색체가 형성되는 데는 특정 단백질 기구가 관여한다. 사람의 정자 형성 과정을 살펴보면, 정자는 사춘기 때부터 감수 분열을 시작하여 매일 많은 수의 정자가 만들어지는데 각 정자가 완성되는 데는 약 64일이 걸린다. 반면에 난자 형성 과정은 출생 전에 감수 1분열이 시작되어 출생 시 감수 1분열의 전기가 끝나고, 그 상태에서 월경 전까지 유지되다가, 수정이 되어야 감수분열을 마친다.

## 【제시문 3】

유전자나 염색체에 이상이 생기면 정상 형질이 발현되지 못하고 여러 가지 이상 증세가 나타날 수 있다. 이처럼 유전자 또는 염색체에 이상이 생겨 부모에게 없던 형질이 나타나는 현상을 돌연변이라고 한다. 유전자에 돌연변이가 일어나면 형질을 결정하는 유전자가 정상 기능을 하지 못하므로 유전병이 나타날 수 있다. 염색체 돌연변이는 염색체 수에 이상이 생기거나 염색체 구조에 이상이 생기는 경우로 구분할 수 있다. 염색체 이상의 발생빈도는 남녀 생식 세포의 형성 과정 차이로 인해 다르게 나타날 수 있다. 염색체 수의 이상은 대부분 감수 분열 시 염색체가 비분리 되는 현상에 의해 일어난다. 예를 들어, 에드워드 증후군은 18번 염색체가 3개인 경우이다. 염색체 구조의 이상으로는 5번 염색체의 일부분이 결실되어 생기는 고양이 울음 증후군이 있다.

## 【물음 1】

【제시문 1】에 근거하여 다음을 답하십시오.

- (1) 유전자와 대립 유전자에 대해 설명하십시오. (10점)
- (2) 인간 유전체 연구의 DNA 염기서열 분석 대상이 무엇인지 적으시오. (20점)

## 【물음 2】

초파리의 몸 색깔은 A유전자, 날개 모양은 B유전자에 의해 결정된다. 회색 몸의 유전자 A는 검은색 몸의 유전자 a에 대해 우성이다. 정상날개의 유전자 B는 흔적날개의 유전자 b에 대해 우성이다.

순종의 회색·정상날개와 순종의 검은색·흔적날개를 지닌 개체들을 교배시켜 회색·정상날개를 지닌 F<sub>1</sub> 개체가 태어났다. 이 F<sub>1</sub> 개체를 다시 검은색·흔적날개를 지닌 개체와 교배시킨 결과, F<sub>2</sub> 개체에서 부모의 표현형과 동일한 자손의 수가 그렇지 않은 자손의 수보다 훨씬 많았다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 이 결과가 나온 이유를 설명하십시오. 단, 돌연변이는 없다고 가정한다. (30점)

## 【물음 3】

【제시문 2】 【제시문 3】에 근거하여 다음을 답하십시오.

- (1) 사람의 경우 같은 부모로부터 유전적으로 다양한 자손이 태어날 수 있는 이유를 설명하십시오. (10점)
- (2) 일반적으로 다운 증후군은 산모의 나이가 많은 경우에 발생빈도가 높다. 그 이유를 설명하십시오. (25점)
- (3) 다운 증후군 중 드물게는 산모의 나이에 관계없이 나타난다. 그에 대한 원인을 어머니 쪽에서 찾아 설명하십시오. (5점)

# 지 구 과 학

## 【제시문 1】

태풍은 우리나라의 연간 자연재해로 인한 피해의 60% 이상을 차지하는 매우 위협적인 기상현상이다. 태풍은 순간 최대 풍속이 17 m/s 이상이며 저기압성 회전(북반구에서는 반시계 방향으로 회전)을 하는 거대한 대기의 소용돌이로 그 지름이 수 백 km인 열대 저기압이다. 태풍의 주요 에너지원은 따뜻한 해수면으로부터 공급되는 수증기가 상승 과정에서 응결하면서 방출하는 숨은열이다. 그러므로 태풍이 세력을 계속 유지하거나 발달하기 위해서는 수증기의 공급이 지속적으로 필요하다. 물의 증발은 수온이 높을수록 더 잘 일어난다. 태풍에 동반되는 강풍과 집중호우는 가옥붕괴, 농경지 침수, 산사태 등의 피해를 일으킨다.

## 【제시문 2】

태풍은 일기도상에서 등압선이 동심원 형태로 나타나고 등압선 간격이 매우 조밀하다. 등압선 간격이 좁을수록 풍속이 강하다. 태풍의 강풍은 태풍의 중심과 주변부 사이에 큰 수평기압차에 의해 발생한다.

[그림 1]은 두 등압면의 연직 단면에서 대기층의 두께( $\Delta Z$ )를 나타낸 것이다.  $P_1$ 과  $P_2$ 는 두 등압면의 기압이다.



[그림 1]

태풍과 같이 대기 운동의 수평 규모가 연직 규모보다 훨씬 큰 경우 대기층의 두께와 평균 온도( $T$ )는 다음의 관계식을 만족한다.

$$\Delta Z = \frac{RT}{g} \ln(P_2/P_1)$$

여기서  $R$ 은 기체 상수이고,  $g$ 는 중력 가속도이다.

## 【제시문 3】

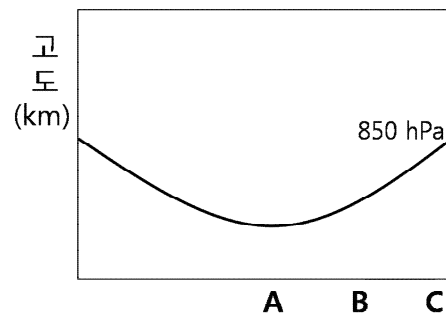
태풍에 수반되는 집중호우는 지표면의 토양이나 퇴적물 그리고 암석 등을 불안정하게 만든다. 이 불안정한 물질이 경사면을 따라 낮은 곳으로 이동하는 것을 사태라고 한다. 사태의 발생은 주로 사면 구성물의 특성, 구성물 내에 있는 물의 함유량, 사면의 경사도에 영향을 받는다. 사면에서 토양이나 퇴적물, 암석이 미끄러져 내리지 않는 최대각을 안식각이라고 한다. 안식각의 크기는 퇴적물의 입자 크기에 비례한다. 또한 입자들의 공극 내 물의 함유량과 암석의 면구조 존재 여부에 따라 안식각의 크기가 변화한다. 사태에 영향을 주는 암석의 면구조에는 층리, 습곡, 단층 등이 있다. 암석 내에 물의 함유량이 급격히 증가하게 되면 암석은 경사진 면구조의 경사방향으로 매우 빠르게 미끄러져 내려가는 사태가 일어난다.

## 【물음 1】

많은 피해를 주었던 태풍 매미가 우리나라를 통과할 때 한반도 주변 해역의 해수면 온도는 평년보다 2~3 °C 더 높았다. 이와 같이 한반도 주변 해역의 해수면 온도가 평년보다 높은 경우 한반도를 통과하는 태풍은 강한 세력을 유지할 수 있다. 그 이유를 【제시문 1】에 근거하여 설명하시오. (30점)

## 【물음 2】

태풍은 중심으로 갈수록 대기층의 평균 온도가 증가하는 저기압이다. [그림 2]는 태풍의 중심을 통과하는 연직 단면과 850 hPa 등압면이 만나서 이루는 곡선을 연직 단면에 나타낸 것이다.



[그림 2]

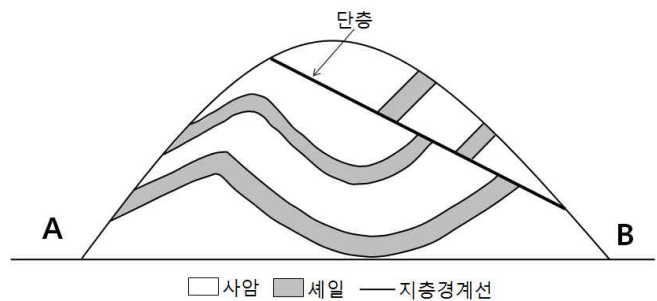
(1) 850 hPa 등압면과 500 hPa 등압면 사이의 대기층의 두께는 [그림 2]의 A지점과 C지점의 상공 중 어느 곳에서 더 두꺼운지를 【제시문 2】에 근거하여 설명하시오. (15점)

(2) [그림 2]의 B지점 상공에서 태풍의 풍속은 850 hPa 등압면과 500 hPa 등압면 중 어느 등압면에서 더 큰지를 【제시문 2】에 근거하여 설명하시오. 단, 바람은 두 등압면에서 모두 저기압성 회전을 하고 있다. (15점)

## 【물음 3】

(1) 가뭄이 계속되다가 태풍에 수반된 집중호우가 발생하였다. 이로 인해 사태가 일어나 엄청난 피해가 생겼다. 【제시문 3】에 근거하여 사태가 일어나기 전의 안식각( $\theta_1$ )과 집중호우로 인해 사태가 발생했을 때의 안식각( $\theta_2$ )의 변화를 설명하고, 안식각의 변화를 일으킨 원인을 설명하시오. 단, 사태가 일어난 사면은 동일한 토양으로 구성되었다고 가정한다. (20점)

(2) [그림 3]은 사암과 셰일로 이루어진 산이다. 집중호우로 인한 사태는 A와 B 지역에서 모두 일어날 수 있다. 【제시문 3】에 근거하여 두 지역에서 일어날 수 있는 사태의 발생 과정을 각각 설명하시오. (20점)



[그림 3]

# 2015학년도 경북대학교 논술(AAT) 문제 해설

## 자연계열 II

### 1. AAT의 목적과 출제 방향

가) 목적 - 경북대 자연계열 AAT는 지식기반사회에 부응하는 통합적이고 논리적인 사유를 하는 인재를 선발하고 육성하고자 하려는 데 목적이 있다. 제시문에 주어진 단서들을 토대로 문제를 해결해가는 과정에서 나타나는 논리적 분석력 및 사고력, 문제해결능력 등을 객관적으로 평가하고 하며, 이를 통하여, 암기 위주의 교육에서 벗어나 자기 주도적인 학습능력, 독서와 토론 등을 통한 사고능력의 배양을 권장하는 학습 분위기를 유도하고자 한다.

나) 출제의 기본 방향 - 자연계열 AAT고사는 고등학교 교과목에 나오는 기본 개념과 원리에 대한 이해력을 바탕으로 주어진 문제를 풀어가는 논리적 분석력 및 사고력, 문제해결능력 등을 객관적으로 평가할 수 있는 문제를 출제한다. 고등학교 교육과정과 직간접적으로 관련된 내용을 제시하고, 이에 대한 이해력과 분석력, 논리적 사고력과 문제해결능력 등을 객관적으로 평가할 수 있는 문제를 출제한다.

출제 유형은 3~4개의 제시문과 함께 주어진 3개의 문항 각각에 대해 답하는 단답형 혹은 약술형이다. 제시문과 물음에서 고등학교 교육과정에서 공통으로 다루어지는 내용으로 출제하여 특정분야 수험생들이 불이익을 받지 않도록 하고 있으나, 자연계열 II에서는 변별력의 확보를 위하여 수학 II와 과학탐구영역 II의 내용을 포함하는 것도 허용하고 있다.

### 2. 문항의 구성 및 특징

AAT 자연계열 I 문제는 중·고등학교 교육과정을 바탕으로 출제된 것으로서 그 주제 및 제시문은 대부분 중·고등학교 인문사회계열과 자연계열 교과서 모두에 수록된 내용과 직·간접적으로 관련되어 있다. 따라서 교육과정을 정상적으로 마친 학생이면 AAT 문제에 접근하는 데 큰 어려움이 없도록 문제의 난이도를 조정하였다. 자연계열 II는 의예학과, 치의예학과, 수의예학과 지원자를 선발하기 위한 시험으로 지원자들 사이의 변별력의 확보를 위하여 수학 II와 과학탐구영역 II의 내용을 포함하는 것도 허용하고 있다.

**수학 1: 정다면체를 이용한 확률게임** - 정다면체 주사위를 이용한 게임을 통하여 정다면체의 기하학적 특성과 확률시행의 기본적인 개념, 무한등비급수 등 관련 지식의 이해, 및 추론 능력, 사고력 등을 종합적으로 판단하고자 하였다.

**수학 2: 도형의 대칭성과 일대일 대응** - 일대일 대응을 사다리타기 도형을 이용하여 이해하도록 하고, 도형의 대칭성과 관련된 함수의 합성, 교환법칙 등을 탐구할 수 있도록 문제를 구성하였다. 이러한 문제해결 과정을 통하여 수학적 사고력, 추론 능력 등을 종합적으로 평가하고자 하였다. 또한, 자연계열 II에서는 간단한 증명문제를 제시하여 수학적 귀납법의 적용능력을 확인하고자 하였다.

**수학 3: 현수교의 길이** - 현수교의 모양과 길이에 대한 궁금증을 해결해 가는 과정을 통하여 미분과 적분학의 기본인 부정적분, 치환적분 및 정적분 등의 개념을 이해하고 실생활에 적용할 수 있는 능력을 판단하고자 하였다. 특히, 제시문의 이해와 적용을 통하여 학생들의 이해력 및 추론능력을 판단하고 수학의 기본개념을 적용하여 문제를 해결해나가는 능력을 판단하고자 하였다.

**물리: 다이오드를 포함한 회로 분석** - 다이오드가 포함된 회로에서 옴의 법칙, 합성 저항, 중첩 원리, 패러데이 법칙을 다루고 있다. 다이오드를 저항과 전지로 구성된 등가 회로로 대체하고 중첩의 원리와 합성 저항 특성을 사용함으로써 단순한 회로로 변환하고, 회로의 특성을 분석할 수 있는 적용 및 추론 능력을 평가하고자 하였다.

**화학: 분자의 구조와 산의 세기** - 화학 결합에는 전자가 관여하고 있다는 기초적 지식을 바탕으로 전자쌍 반발과 분자의 구조와의 관계, 결합의 극성 및 공명 구조와 산의 세기와의 관계 등을 종합적으로 분석하는 능력을 평가하고자 하였다.

**생명 과학: 유전자, 염색체 구조 이상** - 유전자, 대립 유전자의 개념과 유전체 연구의 대상, 감수분열시 교차, 유전의 다양성이 가능한 이유, 염색체 구조이상 등에 대하여 생명의 연속성을 종합적으로 평가하고자 하였다.

**지구 과학: 태풍과 사태** - 태풍의 에너지원, 강풍의 발생 그리고 동반되는 집중호우로 인한 사태의 발생 등의 기초 지식을 바탕으로 강풍의 발생원인, 사태의 발생 원인과 과정을 이해하고 논리적인 사고를 통해 문제를 해결할 수 있는 능력이 있는지 평가하고자 하였다.

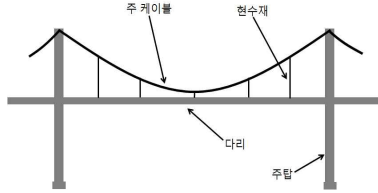


4. 문항 해설

수 학 ( 문 제 1 )

【제시문 1】

우리나라에는 광안대교, 남해대교, 인천대교 등 다양한 현수교가 있다. 이러한 현수교의 구조는 [그림 1]과 같이 주탑, 주탑을 잇는 주 케이블, 주 케이블에 연결되어 있는 현수재 그리고 현수재와 주탑에 지지되어 있는 다리로 이루어져 있다. 주 케이블의 모양은 다리의 하중, 주 케이블의 길이, 주탑 사이의 간격, 현수재 사이의 간격 등에 의하여 결정되며, 현수재의 유무에 따라 이차곡선 모양 혹은  $\frac{1}{2}(e^t + e^{-t})$  와 같은 현수선함수의 곡선 모양을 가진다.



[그림 17]

【제시문 2】

구간  $[-a, a]$  에서 정의된 세 이차함수  $p(x), q(x), r(x)$  의 그래프가 [그림 2]와 같을 때

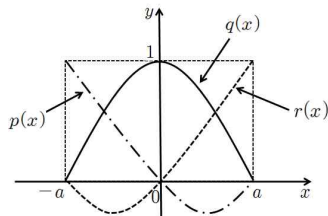
$$p(x) = \frac{1}{2a^2}x(x-a), \quad q(x) = -\frac{1}{a^2}(x^2 - a^2), \quad r(x) = \frac{1}{2a^2}x(x+a)$$

이다. 단,  $a > 0$  이다.

구간  $[-a, a]$  에서 정의된 모든 이차함수  $f(x)$  는 세 이차함수  $p(x), q(x), r(x)$  를 사용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x) = Lp(x) + Mq(x) + Nr(x)$$

여기서  $L, M, N$  은 상수이다.



[그림 18]

【제시문 3】

구간  $[a, b]$  에서 정의된 함수  $f(x)$  가 연속인 도함수를 가질 때, 이 구간에서 그래프  $y = f(x)$  의 길이는 정적분

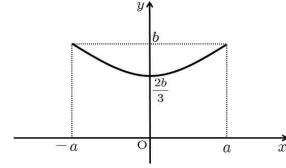
$$\int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx$$

로 계산할 수 있다.

※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

【물음 1】

【제시문 1】의 현수교에서 두 주탑 사이의 주 케이블의 곡선이 아래 그림과 같이 두 점  $(-a, b), (a, b)$  를 지나고 꼭짓점이  $(0, \frac{2b}{3})$  인 이차함수  $f(x)$  라고 가정하자. 【제시문 2】에 근거하여, 함수  $f(x)$  를  $p(x), q(x), r(x)$  를 사용하여 표현하시오. 단, 그림에서  $O$  는 원점이고  $a, b > 0$  이다. (30점)

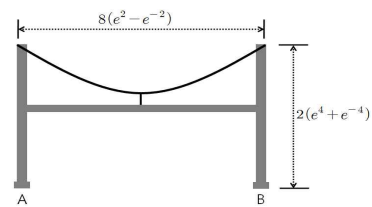


【물음 2】

적분변수  $x$  를 【제시문 1】에서 주어진 현수선함수의 도함수 꼴로 치환하여, 정적분  $\int_0^{\frac{1}{2}(e^a - e^{-a})} \sqrt{x^2 + 1} dx$  를 구하시오. 단,  $a \neq 0$  이다. (30점)

【물음 3】

아래 그림과 같이 높이가  $2(e^4 + e^{-4})$  인 주탑 A, B 의 중간에 다리가 있고, 다리의 중간에 높이가 2인 하나의 현수재가 사용된 현수교가 있다고 가정하자. 주 케이블이 이차곡선 모양이고 다리의 길이가  $8(e^2 - e^{-2})$  라고 할 때, 주 케이블의 길이를 【제시문 1】 【제시문 2】 【제시문 3】을 사용하여 구하시오. 단, 다리, 주탑, 주 케이블, 현수재의 두께는 무시한다. (40점)



● 관련 교과서 내용

고등학교 교과서 『수학』 ‘이차함수’ 『미분과 적분』 ‘부정적분’, ‘정적분’ ‘치환적분’

● 출제 배경

본 문제에서는 미분과 적분학의 기본인 부정적분, 치환적분 및 정적분 등의 개념을 이해하고 실생활에 적용할 수 있는 능력을 주어진 제시문을 통하여 판단하고자 하였다. 특히, 문제의 목적은 주어진 제시문을 통하여 학생들의 이해력 및 추론능력을 판단하고 교과과정에서 배운 수학의 기본개념을 적용하여 문제를 해결해나가는 전체적인 능력을 판단하고자 하는 것이다. 전체 물음에서 다루어진 현수교의 케이블 모양이 이차함수일 때 이차함수를 구현하고 이를 통하여 케이블의 길이를 구하는 문제는 수학뿐만 아니라 실생활에서 접할 수 있는 정적분과 치환적분 및 부정적분의 활용문제로 자연과학 전반에 두루 나타나는 현상을 이해하기 위한 중요한 도구의 예이다. 본 문제의 해결을 위해 요구되는 수학적 지식으로 이차함수, 치환적분, 정적분의 계산 등 고등학교 교과과정에서 다루어지는 전반적인 기본개념을 얼마나 정확히 숙지하고 있는지, 이를 통하여 실생활 문제를 해결할 수 있는지 여부를 종합적으로 평가하고자 것이 출제의 배경이다.

● 문항 해설

【물음 1】과 【물음 2】, 【물음 3】은 서로 독립적인 내용으로 이루어져 있으면 하나의 현수교라는 하나의 실생활문제를 해결하기 위한 서로 연결고리가 있는 문제이다. 【물음 1】과 【물음 2】는 【물음 3】의 문항을 해결하기 위한 단서가 되도록 구성하였다. 먼저 【물음 1】에서는 이차함수개념을 정확히 파악하고 있는지를 평가하는 물음이다. 【물음 2】에서 치환적분의 기본개념을 숙지하고 있는지를 평가하고자 하였다. 또한 [제시문 1]의 내용을 숙지하고 제시된 함수의 정보를 이해하고 이를 이용한 치환적분에 대한 계산능력을 파악하고자 하였다. 【물음 3】에서는 [제시문 1]의 상황을 구체적으로 제시하고 주어진 문제의 주케이블의 모양인 이차함수를 구현할 수 있는 사고능력과 이를 통하여 【물음 1】

【물음 2】의 결과를 활용하여 주어진 문제의 주케이블 곡선의 길이를 계산할 수 있는 능력을 묻고 실생활에서 쓰이는 수학의 예에 대한 이해력을 평가하고자 하였다.

【물음 1】 고등학교 교과서 『수학』에 배운 이차함수에 대한 문제로서 기본개념을 정확히 이해하고 주어진 제시문으로부터 추론하여 문제를 해결해 나가는 추론능력, 이해력 및 계산능력을 평가하고자 하였다. 문제의 난이도는 평이할 것으로 판단되는 물음이다.

【물음 2】 고등학교 교과내용만으로는 주어진 정적분 계산이 어렵지만 [제시문 1]에서 제시한 현수선함수와 연관지어 치환적분의 기본개념을 파악할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 특히, 물음을 통하여 학생들의 계산능력 및 추론 능력을 판단하고자 하였다. 문제의 난이도는 중상인 것으로 판단되는 물음이다.

【물음 3】 [제시문 1]의 현수교 상황을 구체적으로 제한하고 정적분을 활용하여 주케이블의 길이를 [제시문 1,2,3]과 [물음 1,2]를 활용하여 실생활의 상황에 대한 수학의 응용능력을 평가하고자 하였다. 이를 통하여 학생들의 추론능력, 이해력, 계산력 및 응용력 등을 종합적으로 판단하고자 하였다. 물음의 난이도는 상정도로 판단한다.

● 답안 예시

수학(문제 1)

【물음 1】

① 구하고자 하는 이차함수를  $f(x)$ 라고 하고

$$f(x) = Lp(x) + Mq(x) + Nr(x)$$

이라 두고 상수  $L, M, N$ 을 구하기 위해 [물음]에서 주어진 함수  $f(x)$ 의 상황과 [제시문2] 주어진 세 이차함수  $p(x), q(x), r(x)$ 의 성질을 사용한다.

② ①에서 설정한 등식의 양변에 각각  $x = -a, 0, a$ 를 대입해보면 다음을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} b = f(-a) &= Lp(-a) + Mq(-a) + Nr(-a) = L, \\ \frac{2b}{3} = f(0) &= Lp(0) + Mq(0) + Nr(0) = M, \\ b = f(a) &= Lp(a) + Mq(a) + Nr(a) = N \end{aligned}$$

【물음 2】

① [물음]의 전제와 [제시문1]로부터  $x = g(t) = \frac{1}{2} \frac{d}{dx}(e^t + e^{-t}) = \frac{1}{2}(e^t - e^{-t})$ 라 치환하여  $\sqrt{x^2 + 1} dx$ 를 계산하면

$$\sqrt{x^2 + 1} dx = \frac{1}{4}(e^t + e^{-t})^2 = \frac{1}{4}(e^{2t} + e^{-2t} + 2)이다.$$

② ①의 결과를 이용하여 주어진 정적분을 계산하기 좋은 정적분으로 다음과 같이 치환한다.

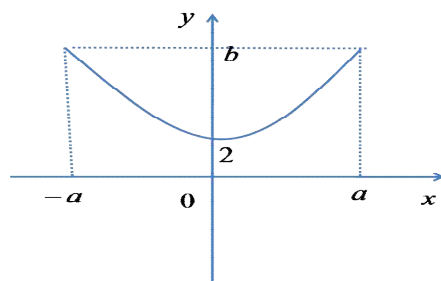
$$\int_{g(0)}^{g(a)} \sqrt{x^2 + 1} dx = \frac{1}{4} \int_0^a (e^{2t} + e^{-2t} + 2) dt$$

③ 마지막으로 ② 정적분으로 다음과 같이 정확히 계산한다.

$$\int_0^{\frac{1}{2}(e^a - e^{-a})} \sqrt{x^2 + 1} dx = \frac{1}{8}(e^{2a} - e^{-2a} + 4a)$$

【물음 3】

① 주어진 상황에서  $a = 4(e^2 - e^{-2}), b = e^4 + e^{-4}$ 라고 하고 주케이블의 현수재 위치를 원점으로 설정하면 다음과 같은 이차함수 그래프를 얻을 수 있다.



따라서 [물음 1]의 결과를 이용하여 케이블에 대한 이차함수  $f(x)$ 를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$f(x) = bp(x) + 2q(x) + br(x) = \frac{x^2}{16} + 2$$

② 이차함수  $f(x)$ 는  $y$ 축에 대칭이므로 [제시문 3]의 곡선의 길이 구하는 공식에 의하여 주 케이블의 길이는  $s = 2 \int_0^{\frac{1}{2}(e^2 - e^{-2})} \sqrt{1 + \left(\frac{x}{8}\right)^2} dx$ 이고

$y = \frac{x}{8}$ 로 치환하면  $s = 16 \int_0^{\frac{1}{2}(e^2 - e^{-2})} \sqrt{1 + x^2} dx$ 임을 알 수 있다.

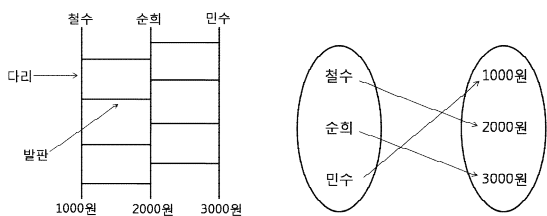
③ 따라서  $a = 2, x = g(t) = \frac{1}{2}(e^t - e^{-t})$ 이라고 하면 [물음 2]의 결과로부터 케이블의 길이  $s$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$④ s = 2(e^4 - e^{-4} + 8)$$

## 수 학 ( 문 제 2 )

### 【제시문 1】

철수, 순희, 민수는 간식을 사먹기 위하여 [그림 1]과 같이 다리가 3개인 사다리타기를 하여 간식 값으로 각각 2000원, 3000원, 1000원을 지불하였다. 이 지불 관계를 함수로 나타내면 [그림 2]의 일대일 대응이 된다.



[그림 1]

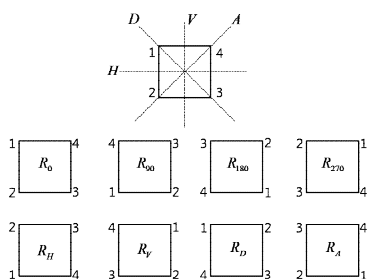
[그림 2]

일반적으로 다리가  $n$ 개인 사다리타기 도형은 원소의 개수가  $n$ 인 두 집합 사이의 일대일 대응을 만들어 준다. 역으로, 원소의 개수가  $n$ 인 두 집합 사이의 일대일 대응이 주어지면 이에 상응하는 사다리타기 도형을 만들 수 있다.

위의 일대일 대응에 상응하는 사다리타기 도형을 만드는 과정을 간단히 소개한다. 먼저 [그림 1]과 같이 위쪽과 아래쪽에 차례대로 각각 철수, 순희, 민수와 1000원, 2000원, 3000원이 표시된 다리를 배열한다. 철수가 2000원에 대응되도록 발판을 놓아 사다리를 만든다. 만들어진 사다리에서 순희가 3000원에 대응되는지 먼저 확인하고, 대응되어 있지 않으면 같은 방법으로 순희가 3000원에 대응되도록 이미 놓여진 발판보다 위쪽에 발판을 놓아 사다리를 만든다. 이렇게 만들어진 사다리타기 도형은 민수를 1000원에 대응시키게 되어 원하는 사다리타기 도형을 얻을 수 있다.

### 【제시문 2】

정다각형 또는 정다면체의 대칭성을 이용하여 여러 가지 일대일 대응을 만들 수 있다. 정사각형의 중심을 기준으로  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  만큼 정사각형을 회전하여 만들어지는 4가지 정사각형  $R_0$ ,  $R_{90}$ ,  $R_{180}$ ,  $R_{270}$  과 정사각형을 수평선 ( $H$ ), 수직선 ( $V$ ), 두 대각선 ( $D$ ,  $A$ )에 대하여 대칭이동하여 만들어지는 4가지 정사각형  $R_H$ ,  $R_V$ ,  $R_D$ ,  $R_A$  를 [그림 3]과 같이 얻을 수 있다.



[그림 3]

이러한 회전 혹은 대칭이동을 이용하여, 원래 정사각형의 각 꼭짓점에 새로운 정사각형의 꼭짓점을 대응시키는 일대일 대응을

얻을 수 있다. 대각선  $A$ 에 대한 대칭이동에 의하여 만들어지는 일대일 대응  $R_A : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$ 는

$$R_A(1) = 3, R_A(2) = 2, R_A(3) = 1, R_A(4) = 4$$

이다.

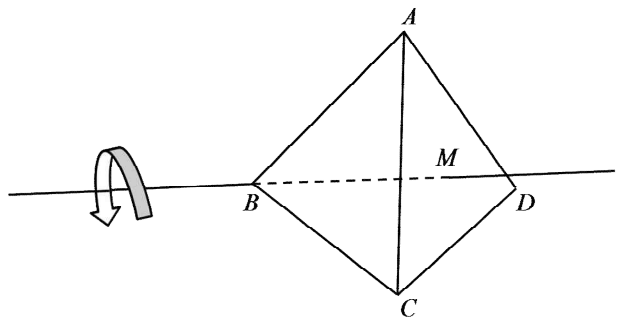
※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

### 【물음 1】

함수  $f : \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$ 가  $f(1) = 4, f(2) = 2, f(3) = 3, f(4) = 1$ 인 일대일 대응일 때, 【제시문 1】을 참고하여 함수  $f$ 에 상응하는 사다리타기 도형을 만드시오. 단, 위쪽과 아래쪽에 각각 1, 2, 3, 4의 번호가 표시된 4개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열하고 6개 이하의 발판을 사용하시오. (20점)

### 【물음 2】

아래 그림과 같이 정사면체  $ABCD$ 의 꼭짓점  $B$ 와 삼각형  $ACD$ 의 무게중심  $M$ 을 지나는 직선을  $l$ 이라고 하자. 정사면체  $ABCD$ 를 직선  $l$ 을 축으로 아래 그림과 같이 화살표 방향으로  $120^\circ$  만큼 회전한다.



(1) 【제시문 1】 【제시문 2】를 참고하여 원래 정사면체의 각 꼭짓점에 위의 회전에 의하여 얻어진 새로운 정사면체의 꼭짓점을 대응시키는 일대일 대응을 구하시오. (20점)

(2) 【물음 2】의 (1)에서 구한 일대일 대응에 상응하는 사다리타기 도형을 【제시문 1】을 참고하여 구하시오. 단, 위쪽과 아래쪽에 각각  $A, B, C, D$ 가 표시된 4개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열하고 5개 이하의 발판을 사용하시오. (20점)

### 【물음 3】

【제시문 1】을 참고하여 2 이상의 모든 자연수  $n$ 에 대하여 함수  $f : \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \rightarrow \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 이 일대일 대응일 때, 함수  $f$ 에 상응하는 사다리타기 도형이 존재함을 수학적 귀납법으로 보이시오. 단, 사다리타기 도형에서 위쪽과 아래쪽에 각각  $a_1, a_2, \dots, a_n$ 과  $b_1, b_2, \dots, b_n$ 이 표시된  $n$ 개의 다리를 왼쪽부터 차례대로 배열한다. (40점)

### ● 관련 교과서 내용

고등학교 교과서 『수학』 ‘일대일 대응’, ‘회전변환’, ‘대칭변환’ 『수학 I』 ‘수학적 귀납법’

### ● 출제 배경

사다리타기 도형은 실생활에서 아주 많이 쓰이는데 수학적으로 일대일 대응과 관계된다. 이 문제에서는 사다리타기 도형과 일대일 대응의 관계에 대한 것으로 정다면체의 대칭으로의 응용에 대하여 물었다. 또한 수학적 귀납법을 이용하여 일대일 함수에 상응하는 사다리타기 도형을 구성할 수 있는 능력에 대하여 물었다. 문제 해결과정을 통하여 실생활에서의 사례에 관계된 수학적 사실을 이해하고 확인하여 나가는 계산능력 및 추론 능력, 사고력 등을 종합적으로 판단하고자 하였다.

### ● 문항 해설

먼저 【물음 1】에서는 사다리타기 도형으로부터 일대일 대응을 구성할 수 있는지를 물었다. 【물음 2】에서는 정사면체의 대칭성을 이용하여 일대일 대응을 찾는 능력과 함께 그에 상응하는 사다리타기 도형을 그릴 수 있는 능력을 판단하고자 하였다. 【물음 3】에서는 수학적 귀납법을 이용하여 일대일 함수에 상응하는 사다리타기 도형을 구성할 수 있는 능력에 대하여 물었다.

**【물음 1】** 고등학교 교과서 『수학』에 배운 일대일 대응에 대한 문제이다. **【제시문 1】**에서 언급된 것처럼 실생활에서 많이 이용되는 사다리타기 도형이 일대일 대응에 상응하는 개념이라는 것을 이해할 수 있는지를 묻는 쉬운 문제이다.

**【물음 2】** (1) 고등학교 교과서 『수학』에 배운 회전변환에 대해 묻는 문제이다. **【제시문 2】**에서 주어진 정사면체의 대칭성으로부터 일대일 대응을 구성할 수 있는지를 묻는 문제이다.

(2) (1)에서 구한 일대일 대응을 구체적으로 사다리타기 도형으로 구현할 수 있는지를 묻는 문제이다.

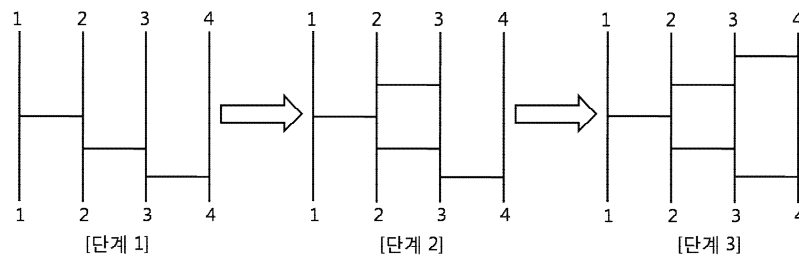
**【물음 3】** 수학적 귀납법을 이용하여 일대일 함수에 상응하는 사다리타기 도형을 구성할 수 있는 능력에 대하여 물었다. 이 문제를 통해 학생들의 증명 능력과 수학적 귀납법을 사용할 수 있는 능력에 대해 평가하고자 하였다.

● **답안 예시**

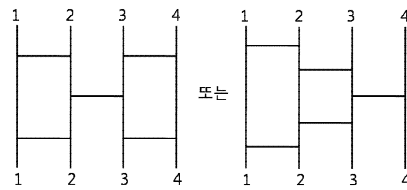
**수학(문제 2)**

**【물음 1】**

주어진 일대일 대응  $f$ 에 상응하는 사다리타기 도형을 **【제시문 1】**의 방법을 이용하여 구하면



와 같다. [단계 3]에 주어진 사다리타기 도형 이외에는 가능한 형태는 다음의 사다리타기 도형 밖에 없다.



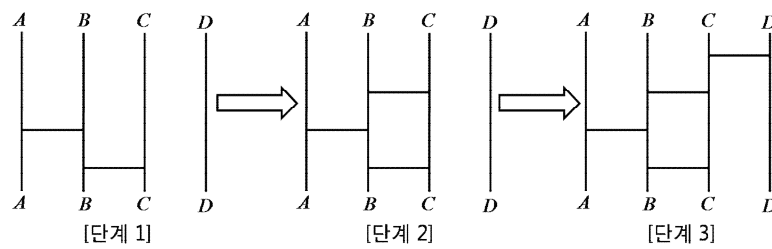
**【물음 2】**

(1) 정사면체  $ABCD$ 를 직선  $l$ 을 축으로 그림의 화살표 방향으로  $120^\circ$  회전하여 원하는 함수 (기호로  $R_l$ 이라 하자)를 구성하면 일대일 대응  $R_l: \{A, B, C, D\} \rightarrow \{A, B, C, D\}$ 는

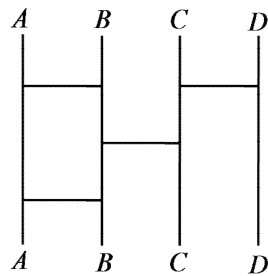
$$R_l(A) = C, R_l(B) = B, R_l(C) = D, R_l(D) = A$$

를 얻는다.

(2) (1)에서 구한 일대일 대응  $R_l$ 에 상응하는 사다리타기 도형을 **【제시문 1】**의 방법을 이용하여 구하면



[단계 3]에 주어진 사다리타기 도형 이외에는 가능한 형태는 다음의 사다리타기 도형 밖에 없다.



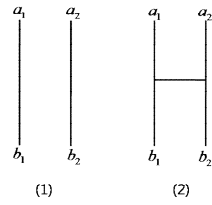
**【물음 3】**

수학적 귀납법을 이용한다.

$n=2$ 일 때,  $f: \{a_1, a_2\} \rightarrow \{b_1, b_2\}$ 가 일대일 대응인 경우는

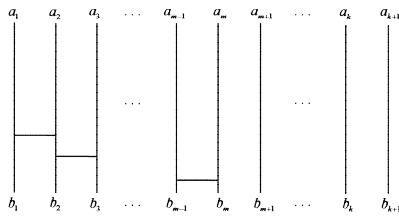
$$(1) f(a_1) = b_1, f(a_2) = b_2 \text{와 } (2) f(a_1) = b_2, f(a_2) = b_1$$

의 두 가지 경우 밖에 없으며 각각의 일대일 대응을 사다리타기 도형을 이용하여 나타내면 다음과 같다.

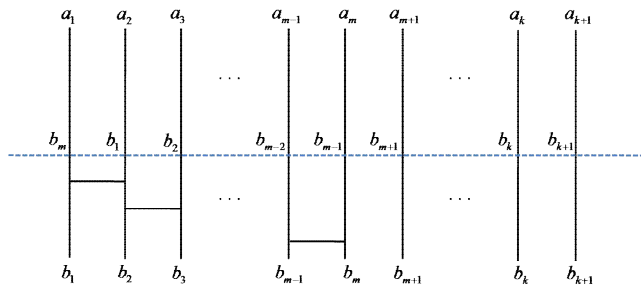


$n=k$  ( $k \geq 2$ )일 때, 【물음 3】의 명제가 성립한다고 가정하고

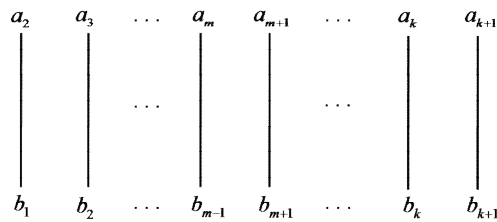
함수  $f: \{a_1, a_2, \dots, a_{k+1}\} \rightarrow \{b_1, b_2, \dots, b_{k+1}\}$ 을 일대일 대응이라 하고  $f(a_1) = b_m$  ( $m = 1, 2, \dots, k+1$ )이라고 하자. 다음 사다리타기 도형과 같이 발판을 설치하면  $a_1$ 와  $b_m$ 을 대응시킬 수 있다.



위의 그림에 점선을 표시한 후 다리 아래쪽에 있는  $b_1, b_2, \dots, b_{k+1}$ 로부터 점선까지 위쪽으로 사다리타기 도형을 따라 올라오면, 위쪽과 아래쪽에 각각  $b_m, b_1, b_2, \dots, b_{m-1}, b_{m+1}, b_{m+2}, \dots, b_{k+1}$ 과  $b_1, b_2, \dots, b_{k+1}$ 이 표시된 다리가 왼쪽부터 배열되어 있는 사다리타기 도형을 얻을 수 있다. (아래 그림 참고)



함수  $g: \{a_2, a_3, \dots, a_{k+1}\} \rightarrow \{b_1, b_2, \dots, b_{m-1}, b_{m+1}, b_{m+2}, \dots, b_{k+1}\}$ 을  $g(x) = f(x)$ 로 정의하면  $f$ 가 일대일 대응이므로  $g$  역시 일대일 대응이 된다. 두 집합  $\{a_2, a_3, \dots, a_{k+1}\}$ 와  $\{b_1, b_2, \dots, b_{m-1}, b_{m+1}, b_{m+2}, \dots, b_{k+1}\}$ 은 원소의 개수가  $k$ 개이므로 수학적 귀납법의 가정에 의하여 점선 위쪽 부분의 사다리타기 도형을 완성할 수 있다. 즉, 수학적 귀납법의 가정에 의하여 아래 그림과 같이 위의 그림의 점선 위 부분을 완성할 수 있다.

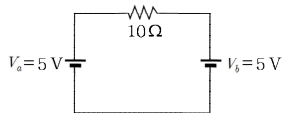


따라서 점선을 지우면 우리가 원하는 사다리타기 도형을 구성할 수 있다.

**【제시문 1】**

저항값이  $R$ 인 저항에 걸린 전압을  $V$ , 흐르는 전류의 세기를  $I$ 라고 할 때,  $V = IR$ 의 관계가 성립한다. 저항값이 각각  $R_A, R_B$ 인 두 저항 A, B를 직렬로 연결할 경우 합성 저항값은  $R_A + R_B$ 이고, 병렬로 연결할 경우 합성 저항값은  $\frac{R_A R_B}{R_A + R_B}$ 이다.

전압이  $V_a, V_b$ 인 전지 a, b가 포함되어 있는 임의의 회로에서, 특정 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I$ 는 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다. 먼저  $V_b = 0$ 이라고 가정하고  $V_a$ 에 의해서 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I_a$ 를 구한다. 이때 전지 b는 저항이 0인 도선과 같다. 마찬가지로  $V_a = 0$ 이라고 가정하고  $V_b$ 에 의해서 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I_b$ 를 구한다. 이 전기소자에 흐르는 전류의 세기  $I$ 는  $I_a + I_b$ 가 된다. 예를 들어 [그림 1]의 회로에서 저항에 흐르는 전류의 세기는 전압  $V_a$ 에 의한 전류 0.5A와 전압  $V_b$ 에 의해 반대방향으로 흐르는 전류 -0.5A를 더해 0이 된다.

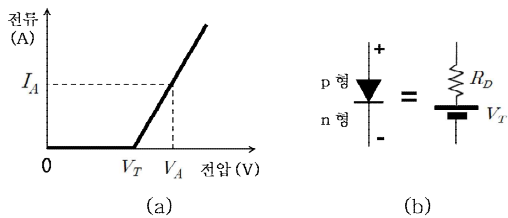


[그림 1]

코일이나 폐회로를 통과하는 자기력선속이 변하게 되면 코일에 유도 기전력이 발생한다. 유도 기전력은 자기력선속의 시간 변화율에 비례하고, 유도 전류는 코일을 통과하는 자기력선속의 변화를 방해하는 방향으로 생긴다.

**【제시문 2】**

p-n 접합 다이오드는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합시켜 만든 소자이다. 다이오드에 전류를 흘리기 위해서는 전지의 양(+)극 단자를 p형에 연결하고 전지의 음(-)극 단자를 n형에 연결하여 순방향 전압이 걸리도록 해야 한다. 또한 저항과 달리 다이오드의 양단에 일정한 전압 이상을 걸어주어야 순방향 전류가 흐르게 된다.



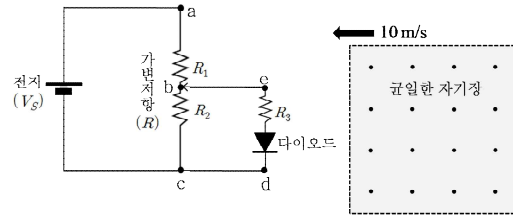
[그림 2]

[그림 2](a)는 다이오드에 걸린 순방향 전압과 다이오드에 흐르는 순방향 전류의 관계를 단순화하여 나타낸 전압-전류 특성곡선이다. 즉, 다이오드에 걸어진 순방향 전압이  $V_T$ 에 도달할 때까지는 전류가 흐르지 않다가  $V_T$  이상에서는 일정한 비율로 전류가 증가한다. 이때 직선의 기울기의 역수를 동적저항이라고 한다. 순방향 전압이  $V_T$ 보다 클 경우, 다이오드는 [그림 2](b)와

같이 전압이  $V_T$ 인 전지와 저항값이  $R_D$ 인 동적저항이 직렬로 연결된 소자로 해석할 수 있다.

**【제시문 3】**

다이오드의 전압-전류 특성곡선을 구하기 위해서 [그림 3]과 같은 간단한 회로를 구성하였다. 이 회로에서는 전압이 일정한 전지를 사용하고, 다이오드에 걸리는 전압을 조절하기 위해서 가변저항을 사용하였다. 가변저항은 a, b, c 세 개의 단자로 되어 있고 b단자의 접촉 위치를 변화시키면 a와 b사이의 저항값  $R_1$ 과 b와 c사이의 저항값  $R_2$ 가 변한다. 가변저항의 전체 저항값이  $R$ 이면,  $R_1 = R - R_2$ 가 된다. 다이오드에 걸리는 전압은 전압계로 측정하고, 다이오드에 흐르는 전류는 저항값이  $R_3$ 인 저항에 걸리는 전압을 측정하여  $R_3$ 으로 나누면 구할 수 있다.



[그림 3]

단, [그림 3]의 회로에서 전지의  $V_S$ 는 5.0V, 가변저항의  $R$ 은 200Ω,  $R_3$ 은 10Ω이다. 다이오드의  $V_T$ 는 1.0V, 동적저항  $R_D$ 는 90Ω이다. 【물음 1】 【물음 2】에서는 자기장의 영향을 무시한다.

※ 모든 물음에서 풀이과정을 반드시 기술하시오.

**【물음 1】**

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 100Ω으로 조절하였다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 다이오드에 흐르는 전류의 세기를 구하시오. (30점)

**【물음 2】**

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 0에서부터 점점 증가시킨다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 다이오드에 전류가 흐르기 시작할 때의  $R_2$ 를 구하시오. (30점)

**【물음 3】**

【제시문 3】의 실험에서  $R_2$ 를 100Ω으로 조절하였다. 정사각형 모양의 균일한 자기장이 형성되어 있는 점선영역이 정사각형 bcde 회로의 방향으로 일정한 속력 10m/s로 이동하고 있다. 자기장의 세기는 2.0T이고, 그 방향은 종이 면에서 수직으로 나오는 방향이다. bcde 회로의 한 변의 길이는 0.10m이고, 자기장 영역의 한 변의 길이는 0.20m이다. 자기장 영역의 왼쪽 경계선이 bcde 회로의 중앙을 통과하는 순간, 다이오드에 흐르는 전류를 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 구하시오. (40점)

● 관련 교과서 내용

고등학교 교과서 『물리 1』 물질과 전자기장, 물질의 구조와 성질

● 출제 배경

반도체는 컴퓨터, 텔레비전, 통신기기 등 현대생활의 모든 전자기기에 광범위하게 사용되고 있다. 그 중 p-n접합 다이오드는 반도체의 성질을 이용해 가장 간단하게 만든 전기소자이다. 특히 발광다이오드 또는 LED(light emitting diode)를 사용하여 개발된 LED 신호등, LED TV, LED 조명 등은 우리 생활 속에서 밀접하게 연관되어 있다. 2014년에는 청색 LED 개발의 공로로 일본의 물리학자 3명이 노벨 물리학상을 받았다. 한국이 LED 생산이나 상용화에서 중요한 역할을 하고 있음에도 불구하고 기초 기술은 일본 과학들로부터 시작되었음을 상기 시켜주는 사건으로 한국 과학계에 시사 하는 바가 크다. 사실 2000년에도 LED 이외에 이종접합(Hetero-junction) 다이오드 구조에 대한 연구 업적으로 2명의 과학자가 노벨상을 수상하였다. 이들이 개발한 다이오드의 구조는 광통신에 사용되는 레이저 광원과 광 검출기 소자에 사용되고 있다. 이들의 노력과 연구 성과가 없었다면 현재의 인터넷 기술 발달은 불가능했을 것이다. 즉, 다이오드는 우리의 일상생활에 밀접하게 연관되어 있고 현대 사회의 근간이 되는 핵심기술이다.

현재 고등학교 물리 I 교과서에도 다이오드 원리나 그와 관련된 전기회로 실험이 소개 되어 있다. 문제를 해결하기 위해서는 다이오드의 전압-전류 특성곡선으로부터 전압과 전류 사이의 관계를 수식으로 표현하는 능력과 전자회로의 해석에 사용되는 기본 원리인 옴의 법칙, 저항의 직렬, 병렬 연결등을 이해하고 이를 다이오드 회로에 적용하는 능력을 필요로 한다. 회로를 해석하는 방법으로 중첩의 원리가 사용되었으며 이 방법은 제시문에 설명되어 있다. 본 물음에서는 제시문에서 주어진 다이오드의 기본 특성을 이해하고, 다이오드가 포함된 회로의 작동 원리를 종합적으로 실제 회로에 적용하여 분석하는 능력을 평가한다.

## ● 문항 해설

**【물리 제시문 1】**에서는 회로 분석에 사용되는 옴의 법칙과 직렬 연결, 병렬 연결, 중첩의 법칙에 대해 설명하고 있다. 옴의 법칙이나 직렬 연결의 합성 저항, 병렬 연결의 합성 저항은 중학교 교육과정에서도 이미 소개되는 개념으로 학생들에서 개념을 다시 상기시키고 문제 해결에 사용할 수 있다는 문제 해결의 힌트를 제공하는 역할을 하고 있다. 마지막으로 소개되는 중첩의 개념은 문제에서 제시하는 회로를 해석하는 데 있어, 효율적이며 간단하게 답을 구할 수 있는 방법이다.

**【물리 제시문 2】**에서는 다이오드의 전압-전류 특성 곡선을 설명하고 있다. 다이오드에 순방향 전압을 걸어줄 경우 다이오드는 턴온 전압 이하에서는 무한대 저항처럼 행동하지만, 턴온 전압 이상에서부터 저항과 같은 특성을 보인다. 턴온 전압 이상에서의 저항 성분을 동적 저항이라고 부른다. 제시문2에 설명된 다이오드 등가 회로를 사용한다면, 그림 3에 나온 다이오드를 포함한 회로를 저항과 전압으로 구성된 단순한 회로로 바꿀 수 있다.

**【물리 제시문 3】**에서는 다이오드를 포함하는 구체적 회로를 보이고 있다. 회로에 사용된 가변저항을 학생들에서 설명하기 위해서 세 개의 단자를 가지는 두 개의 연결된 저항으로 소개하고 있다. 가변저항을 실제 접하지 못한 학생들이라도 회로 모양과 설명만으로 가변저항의 역할을 이해할 수 있도록 했다. 그림3에는 일정한 속도로 움직이고 있는 자기장 그림이 나와 있다. 제시문에서는 자기장에 대하여 따로 설명하고 있지 않은데 물음1과 물음2에서는 자기장의 영향을 무시하고 문제를 풀이한다. 자기장에 대한 설명과 적용은 물음3에서 이루어진다.

**【물리 물음 1】** 본 물음에서는 제시문3에 나온 회로에서 가변 저항이 정해진 경우 다이오드에 흐르는 전류를 구하도록 지시하고 있다. 먼저 제시문2에 나온 다이오드의 등가 회로를 그림3에 나온 회로도에 대입하면 다이오드가 저항과 전지의 직렬 연결로 바뀐다. 여기에 제시문1에 나온 중첩의 원리를 적용하여  $V_T$ 를 0으로 가정한다. 이렇게 하면 다이오드 회로는 직렬과 병렬 저항의 조합이 되며 다이오드에 흐르는 최종 전류를 구할 수 있다. 마찬가지로  $V_S$ 가 0이라고 가정하고 다이오드에 흐르는 전류를 구한 다음 앞서 구한 전류와 더하면 다이오드에 흐르는 최종 전류가 구해진다.

**【물리 물음 2】** 본 물음에서는 다이오드에 전류가 막 흐르기 시작할 때의 가변 저항 값을 구하는 문제이다. 전류가 막 흐르기 시작할 때의 전류는 매우 적다. 따라서 다이오드 등가 회로에서  $V_T$ 는 있지만 동적 저항에 의한 전압 강하는 없다. 따라서 전류는 다이오드 쪽으로 흐르지 않으며  $R_2$ 에 걸리는 전압만이 정해진다. 이를 이용하면  $R_2$ 의 저항값을 구할 수 있다. 또 다른 해결 방법으로는  $R_2$ 를 모른다고 가정하고 다이오드에 흐르는 전류를 물음2의 방식으로 계산한 다음 전류 값을 0으로 하는 방정식을 세워 풀면  $R_2$  값을 계산할 수 있다.

**【물리 물음 3】** 본 물음에서는 다이오드가 있는 고리에 자기장 변화가 있을 때 다이오드에 흐르는 전류를 구하는 문제이다. 제시문1에는 패러데이 법칙과 렌츠 법칙이 소개되어 있다. 이 두 법칙은 자기장 변화에 의해 발생하는 유도 기전력 크기와 방향을 구할 수 있게 해준다. 유도 기전력은 전지 역할을 하며 물음2와 같은 방식으로 계산하면 자기장 변화에 따른 전류 값을 계산할 수 있다.

## ● 문항 상세 해설

**【물리 제시문 1】**에서는 회로 분석에 사용되는 옴의 법칙과 직렬 연결, 병렬 연결, 중첩의 법칙에 대해 설명하고 있다. 옴의 법칙이나 직렬 연결의 합성 저항, 병렬 연결의 합성 저항은 중학교 교육과정에서도 이미 소개되는 개념으로 학생들에서 개념을 다시 상기시키고 문제 해결에 사용할 수 있다는 문제 해결의 힌트를 제공하는 역할을 하고 있다. 마지막으로 소개되는 중첩의 개념은 회로 해석에 사용되는 방법으로 보통 고등학생들에게는 익숙하지 않은 방법일 수 있다. 보통은 회로 해석에 키르히호프 법칙을 많이 사용하지만 문제에서 제시하는 회로를 해석하는 데는 중첩 원리가 효율적이며 간단하게 답을 구할 수 있는 방법이다. 제시문에 설명된 방식을 이해하고 따라한다면 답을 구하는 것은 어렵지 않다. 중첩의 원리는 간단히 말해서 회로에 여러 개의 전지가 회로에 있을 때, 특정 소자에 흐르는 전류는 각 전지에 의해 발생하는 전류의 합과 같다는 것이다. 이 때 특정 전지가 동작할 때 다른 전지는 저항이 0인 전선이라고 가정한다.

**【물리 제시문 2】**에서는 다이오드의 전압-전류 특성 곡선을 설명하고 있다. 다이오드에 순방향 전압을 걸어줄 경우 다이오드는 턴온 전압 이하에서는 무한대 저항처럼 행동하지만, 턴온 전압 이상에서부터 저항과 같은 특성을 보인다. 턴온 전압 이상에서의 저항 성분을 동적 저항이라고 부른다. 다이오드 특성 곡선만 주어질 경우 학생들이 어려워 할 수 있기 때문에 전지와 저항으로 구성된 다이오드의 등가 회로를 설명하고 있다. 제시한 대로 다이오드 등가 회로를 사용한다면 다이오드를 포함한 회로는 저항과 전압으로 구성된 단순한 회로가 된다.

**【물리 제시문 3】**에서는 다이오드를 포함하는 구체적 회로를 보이고 있다. 제시된 상황은 물리 선생님이 다이오드 특성 곡선을 구하는 실험을 준비하기 위해 다이오드에 크기가 변하는 전류 또는 전압을 공급할 수 있는 회로를 구성한 것이다. 보통은 전압이 조정되는 전압 공급기를 사용할 수 있겠지만 장비의 가격이나 학생들의 조작에 따른 실험 위험성 때문에 고정된 전압을 가지는 전지와 공급 전압을 조절하기 위한 가변저항을 사용하는 설정을 하고 있다. 가변저항을 학생들에서 설명하기 위해서 세 개의 단자를 가지는 두 개의 저항으로 소개하고 있다. 가변저항을 실제 접하지 못한 학생들이라도 회로 모양과 설명만으로 가변저항의 역할을 이해할 수 있도록 했다. 그림 3에는 일정한 속도로 움직이고 있는 자기장 그림이 나와 있다. 제시문에서는 자기장에 대하여 따로 설명하고 있지 않은데 물음1과 물음2에서는 자기장의 영향을 무시하고 문제를 풀이한다. 자기장에 대한 설명과 적용은 물음3에서 이루어진다.

**【물리 물음 1】** 본 물음에서는 제시문3에 나온 회로에서 가변 저항이 100 Ω일 경우 다이오드에 흐르는 전류를 구하도록 지시하고 있다. 먼저 제시문2에 나온 다이오드의 등가 회로를 그림3에 나온 회로도에 대입하면 다이오드가 저항과 전지의 직렬 연결로 바뀐다. 여기에 제시문1에 나온 중첩의 원리를 적용하여  $V_T$ 를 0으로 가정한다. 회로는 다이오드가 포함된 고리는 100Ω 저항 두 개가 병렬 연결된 합성

저항으로 생각할 수 있으므로 50 Ω 저항으로 대체가 가능하다. 최종적으로 회로는 150 Ω 저항이  $V_S$  전원에 연결된 회로이고 전류는 쉽게 구할 수 있다. 이렇게 구한 전류는 다이오드에 1/2 만 흐르기 때문에  $V_S$ 에 의해 다이오드에 흐르는 최종 전류를 구할 수 있다. 마찬가지로  $V_S$ 가 0이라고 가정하고 다이오드에 흐르는 전류를 구한 다음 앞서 구한 전류와 더하면 다이오드에 흐르는 최종 전류가 구해진다.

**【물리 물음 2】** 본 물음에서는 다이오드에 전류가 막 흐르기 시작할 때의 가변 저항 값을 구하는 문제이다. 전류가 막 흐르기 시작할 때의 전류는 매우 적다. 따라서 다이오드 등가 회로에서  $V_T$ 는 있지만 동적 저항에 의한 전압 강하는 없다. 따라서  $R_2$ 에 걸리는 전압이  $V_T$ 임을 알 수 있다. 다이오드로는 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 전류는 대부분  $R_1$ 과  $R_2$ 로만 흐른다. 따라서 가변저항  $R$ 에 걸리는 전압은  $V_S$ 이고 전류 값을 구할 수 있다. 전류 값을 알면  $R_2$ 에 걸리는 전압을 알기 때문에  $R_2$ 의 저항을 계산할 수 있다. 또 다른 해결 방법으로는  $R_2$ 를 모른다고 가정하고 다이오드에 흐르는 전류를 물음2의 방식으로 계산한 다음 전류 값을 0으로 하는 방정식을 세워 풀면  $R_2$  값을 계산할 수 있다.

**【물리 물음 3】** 본 물음에서는 다이오드가 있는 고리에 자기장 변화가 있을 때 다이오드에 흐르는 전류를 구하는 문제이다. 제시문1에는 패러데이 법칙과 렌츠 법칙이 소개되어 있다. 이 두 법칙은 자기장 변화에 의해 발생하는 유도 기전력 크기와 방향을 구할 수 있게 해준다. 유도 기전력은 전지 역할을 하며 물음2에 나온 회로에서 다이오드를 대체한 전지의  $V_T$  전압에 유도 기전력을 더하면 된다. 렌츠 법칙에 의해서  $V_T$ 와는 반대 방향으로 전압이 변한다. 물음2와 같은 방식으로 계산하면 자기장 변화에 따른 전류 값을 계산할 수 있다.



**【물음 1】**

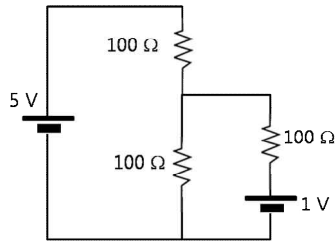
[제시문3]의 실험에서  $R_2$ 를 100 Ω 으로 조절하면,  $R_1$ 도 100 Ω 이 되고, 다이오드와  $R_3$ 은 1.0 V 전지와 100 Ω 저항 직렬 연결로 바꿀 수 있다.

다이오드에 흐르는 전류 I는 [제시문1]에서 언급한 바와 같이  $V_S=5V$  전지에 의해 다이오드에 흐르는 전류  $I_a$ 와 다이오드의  $V_T$ 에 의해 흐르는 전류  $I_b$ 의 합으로 나타낼 수 있다.

(1)  $V_T=0$ 이라고 할 때,  $V_S$ 에 의해  $R_3$ 과  $R_D$  전체에 걸린 전압은 5/3V가 되고,  $I_a = \frac{5/3V}{100\Omega} = \frac{1}{60}A$  가 된다.

(2)  $V_S=0$ 이라고 할 때, 다이오드의  $V_T$ 에 의해 회로에 흐르는 전류를 계산하면, 전체저항이 150 Ω이므로  $I_b = -\frac{1V}{150\Omega} = -\frac{1}{150}A$  가 된다. (방향이 반대임)

따라서 다이오드에 흐르는 전류의 세기는  $I = \frac{1}{60} - \frac{1}{150} = \frac{1}{100}A$  가 된다.

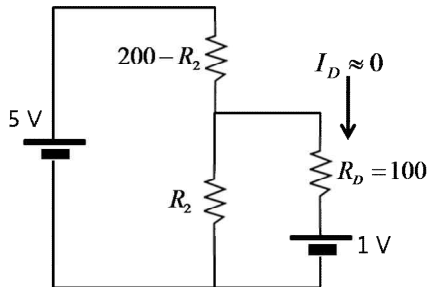


**【물음 2】**

(풀이1)

[제시문3]의 실험에서 전류가 흐르기 시작하는 순간,  $R_1 = 200 - R_2$ 가 된다. 또한 그림과 같은 회로에서 다이오드에 흐르는 전류의 세기  $I_D$ 는 0이 되어야 한다.

(1) 5V 전원에 의해 다이오드에 흐르는 전류  $I_a$ 를 구하면  $R_2, R_D$  전체의 합성 저항은  $\frac{100R_2}{100 + R_2}$  가 되고,  $R_2, R_D$  전체에 걸리는 전압은  $\frac{100R_2}{(200 - R_2)(100 + R_2) + 100R_2}$  가 되어 다이오드에 흐르는 전류  $I_a = \frac{5R_2}{2000 + 200R_2 - R_2^2}$  가 된다.



(2) 다이오드의  $V_T=1V$ 에 의해 다이오드에 흐르는 전류  $I_b$ 를 구하면  $R_1, R_2, R_D$  전체의 합성저항은  $\frac{20000 + 200R_2 - R_2^2}{200}$  이 되고, 다이

오드에 흐르는 전류는  $I_b = -\frac{200}{20000 + 200R_2 - R_2^2}$  이 된다.

따라서  $I = I_a + I_b = 0$  이므로  $5R_2 = 200, R_2 = 40\Omega$  이다.

(풀이2)

다이오드에 전류가 흐르기 시작할 때 전류를  $I_D$  라고 한다. 다이오드에 걸리는 전압은  $V_D = I_D \times 100 + 1.0$  이다.  $I_D \rightarrow 0$  일 때,  $V_D = 1.0 V$  이다. 이때 다이오드로 전류가 거의 흐르지 않으므로  $R_1$ 과  $R_2$ 는 직렬 연결되어 있다. 직렬연결에서 전류의 세기는 같다. 전류는  $\frac{5V}{200\Omega} = \frac{1}{40} A$  이고,  $R_2 \times \frac{1}{40} = 1V$  이므로  $R_2 = 40\Omega$  이다.

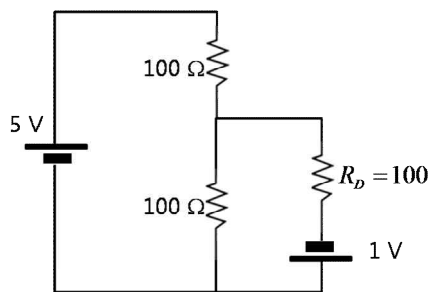
**【물음 3】**

점선의 자기장 영역이 bcde 회로의 중앙을 통과하는 순간 회로에는 유도 기전력  $V_{\text{유}} = -\frac{d\Phi}{dt} = -B\frac{dA}{dt} = -Blv$  가 발생한다. 유도기전력의 세기는  $V_{\text{유}} = Blv = 2 \times 0.1 \times 10 = 2V$  가 되고, 유도 전류의 방향은 회로를 통과하는 자속의 증가를 줄여주는 시계방향이다. 따라서 다이오드에 흐르는 전류의 세기  $I$ 를 구하기 위해서는 5V 전지에 의한 전류  $I_a$ 와 유도기전력과 다이오드의  $V_T$ 에 의한 전류  $I_b$ 를 계산하여 구해야 한다.

(1) 5V 전원에 의해 다이오드에 흐르는 전류를 구하면,  $I_a = \frac{5/3V}{100\Omega} = \frac{1}{60} A$  가 된다.

(2) 유도기전력과 다이오드의  $V_T$ 에 의해 다이오드에 흐르는 전류를 구하면  $I_b = \frac{1V}{150\Omega} = \frac{1}{150} A$  가 된다. 이때  $I_a$ 와  $I_b$ 의 방향이 같으

므로  $I = I_a + I_b = \frac{1}{60} + \frac{1}{150} = \frac{7}{300} A$  가 된다.



## 화 학

### 【제시문 1】

어떤 원자는 다른 원자와 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 안정한 전자 배치를 이루며 옥텟 규칙을 만족한다. 이처럼 2개 이상의 원자들이 전자쌍을 공유하면서 형성되는 화학 결합을 공유 결합이라고 한다. 2주기 원자인 N과 O의 원자가 전자 수는 각각 5개와 6개이다. 이들은 각각 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O) 분자와 같이 옥텟 규칙을 만족하는 공유 결합 분자를 이룰 수 있다. 3주기 원자인 P와 S의 경우도 원자가 전자 수는 각각 5개와 6개로 옥텟 규칙을 만족하는 분자(PH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S)를 형성하지만 PCl<sub>5</sub>, SF<sub>6</sub>와 같은 분자도 형성할 수 있다. PCl<sub>5</sub>에서 P 원자는 10개의 전자를 공유하며, SF<sub>6</sub>에서 S 원자는 12개의 전자를 공유한다. 이런 식으로 8개 이상의 전자를 갖는 분자나 이온은 확장된 옥텟 규칙이 적용되었다고 한다.

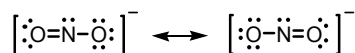
원자가 전자를 공유하면서 결합할 때 원자마다 전자를 끌어당기는 힘이 다르다면 전자쌍은 어느 한쪽으로 치우치게 된다. 이처럼 공유 결합을 형성하고 있는 두 원자 사이에 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 상대적인 수치로 나타낸 것을 전기 음성도라고 한다. 폴링은 전자쌍을 끌어당기는 힘이 가장 큰 플루오린(F)의 전기 음성도를 4.0으로 정하고 다른 원자들의 전기 음성도를 상대적으로 정하였다. 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 커질수록 대체로 증가하며, 같은 족에서는 원자 번호가 커질수록 대체로 감소한다. 플루오린화 수소(HF) 분자에서 플루오린의 전기 음성도는 수소의 전기 음성도인 2.1보다 매우 크다. 따라서 전자가 플루오린에 치우친 상태로 불균일하게 존재하여 플루오린은 부분적인 음전하( $\delta^-$ )를 띠고, 반대로 수소는 부분적인 양전하( $\delta^+$ )를 띠게 된다. 이러한 결합을 극성 공유 결합이라고 한다. 극성 공유 결합은 원자들이 전자를 완전히 옮길 정도는 아니고 동등한 공유를 이루는 것도 아닌 중간적인 결합이다.

### 【제시문 2】

공유 결합 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로 반발력이 최소가 되기 위해서는 가능한 한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이것을 전자쌍 반발 이론이라고 하며, 이로부터 분자의 구조와 모양을 예측할 수 있다. 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍 사이보다 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍 사이가 더 크고, 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 가장 크다.

### 【제시문 3】

다음은 옥텟 규칙을 만족하는 아질산 이온(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)의 두 가지 루이스 구조식을 나타낸 것이다. 두 구조는 원자의 배열은 동일하지만 전자의 배치가 서로 다르다.



이러한 종류의 루이스 구조를 공명 구조라고 하며, 보통 그림과 같이 양 방향 화살표( $\longleftrightarrow$ )로 나타낸다. 공명 구조를 가지는 분자나 이온은 일반적으로 안정하다. 공명 구조를 가지는 대표적인 분자로는 벤젠(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), 나프탈렌(C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)과 같은 방향족 탄화수소가 있으며, 이온으로는 탄산 이온(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), 황산 이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 등이 있다.

### 【제시문 4】

수소 원자를 가진 분자의 H-X 결합이 극성을 갖게 될 때, 그 분자는 수소 이온(양성자, H<sup>+</sup>)을 내어놓는 산으로 행동한다. H-X로부터 수소 원자가 쉽게 이온화될수록 산의 세기는 커진다. 일반적으로 두 분자의 산의 세기를 비교할 때, H-X 결합의 극성이 클수록 산의 세기가 커진다. 또한, H-X에서 수소 이온이 떨어져 나간 상태인 짝염기(X<sup>-</sup>)의 안정성이 클수록 산의 세기가 커진다.

### 【물음 1】

SF<sub>4</sub>와 SF<sub>6</sub>가 같은 농도로 용해되어 있는 벤젠 용액을 각각 준비하여 뷰렛에 부어둔다. 가느다란 용액 줄기가 떨어지도록 뷰렛 꼭지를 열어 둔 후에 (+)전하로 대전된 유리 막대를 두 용액 줄기에 같은 거리로 두었다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 용액 줄기의 움직임이 보다 크게 관찰되는 용액은 무엇인지 설명하시오. 단, 두 분자의 타당한 기하학적 구조를 나타내어야 한다.

(30점)

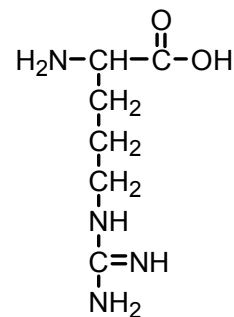
### 【물음 2】

실험실에서 소량의 수소(H<sub>2</sub>) 기체를 얻고자 한다. 같은 농도와 부피의 메탄올(CH<sub>3</sub>OH), 질산(HNO<sub>3</sub>), 아질산(HNO<sub>2</sub>) 수용액에 같은 크기의 아연 조각을 각각 넣었을 때, 반응 초기에 단위 시간 동안 가장 많은 수소 기체를 얻을 수 있는 용액은 무엇인지 【제시문 1】 【제시문 3】 【제시문 4】에 근거하여 설명하시오. (30점)

### 【물음 3】

아미노산은 아미노기(-NH<sub>2</sub>)와 카복시기(-COOH)를 동시에 가지는 화합물이다. 아미노산이 물에는 잘 녹지만 유기 용매에 잘 녹지 않는 이유는 분자 내에서 이온화되어 극성을 띠기 때문이다. 즉, 아미노산은 물에 녹아 있을 때 분자 내에 양이온과 음이온을 가지는 양쪽성 이온의 상태로 존재한다. 다음은 생물에 존재하는 아미노산의 일종인 아르지닌(arginine)의 구조식이다.

【제시문 1】 【제시문 3】 【제시문 4】에 근거하여 아르지닌이 물에 녹아 있을 때 양쪽성 이온 상태의 구조식을 그리고, 그 이유를 설명하시오. 단, pH 조건은 수소 이온을 내어놓는 산성 위치와 수소 이온을 받는 염기성 위치가 각각 1개만 존재한다고 가정한다. (40점)



### ● 관련 교과서 내용

고등학교 교과서 『화학 I』 ‘원소의 주기적 성질’, ‘화학 결합’, ‘분자의 구조’, ‘탄소 화합물’, ‘산과 염기’.

### ● 출제 배경

본 문항 풀이를 위해 필요한 내용은 전기 음성도, 극성 공유 결합, 분자의 구조, 공명 구조, 산과 염기로, 이 내용은 모두 고등학교 화학 I 교과과정에 포함된 것이다.

분자의 구조는 화학 결합의 형성 원리와 전자쌍 반발 이론을 통해 예측할 수 있다. 또한 분자 구조의 대칭성과 결합의 극성으로 분자의 극성 여부도 설명할 수 있다. 이러한 분자 구조 및 분자의 극성은 여러 가지 물질의 성질과도 연관되어 있다. 특히 산과 염기의 세기를 예측할 수 있는 방법으로 결합의 극성 및 짝염기/짝산의 공명 구조의 안정성을 이용할 수 있다.

본 출제에서는 상기의 내용을 논리적으로 파악하고 조합하여 분자의 구조 예측을 통한 분자 극성의 판단 및 산과 염기의 세기를 이해하도록 하였다. 특히 질산은 강산이며 아미노산은 양쪽성 이온 상태로 존재한다는 것은 학생들이 잘 알고 있는 사실이지만, 왜 질산이 강산으로 작용하고 아르지닌이 왜 염기성 아미노산으로 작용하는지를 논리적으로 유추하는 능력을 판단하고자 하였다.

### ● 문항 해설

#### 【물음 1】

물음 1은 확장된 옥텟 규칙을 적용하여 분자의 구조를 정확하게 판단하고 분자의 극성을 예측하는데 도움을 주기 위한 출제 의도를 가지고 만들어졌다. SF<sub>4</sub>와 SF<sub>6</sub>의 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 개수를 파악한 뒤, 제시문 2의 전자쌍 반발 이론을 통해 각 분자가 가질 수 있는 가장 타당한 분자 구조를 분석하고 제시문 1에 설명되어 있는 극성 분자와 연결 지어 결론을 유추한다.

**【물음 2】**

본 물음에서는 산의 상대적인 세기를 비교하기 위해 극성 공유 결합과 공명 구조의 안정화를 통합적으로 활용할 수 있는 능력을 묻고자 하였다. 제시문 4의 설명을 근거로 하여 제시문 1의 결합의 극성 및 제시문 3의 짝염기의 공명 안정화를 동시에 고려하여 주어진 3종류의 화합물의 상대적인 산의 세기를 판단한다. 이 결과를 응용하여 결론을 유추한다.

**【물음 3】**

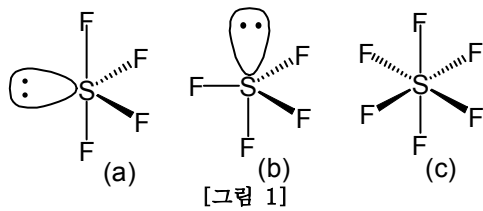
물음 3에서는 제시문 4에서 설명한 산의 세기를 이용하여 산으로서 작용하는 위치를 파악함은 물론 염기로 작용하는 위치를 추론할 수 있는지 파악하고자 하였다. 탄소 화합물에서 간단하게 다루는 아미노산의 양쪽성 이온의 상태를 파악하기 위해 제시문 3과 제시문 4를 통해 짝염기의 공명 안정화에 의한 산으로서 작용하는 위치를 먼저 찾아내고, 같은 원리를 적용하여 염기로서 가장 잘 작용하는 위치는 짝산의 공명 안정화가 일어나는 위치임을 정확하게 추론하여 결론을 유추한다.

● **답안 예시**

**화 학**

**【물음 1】**

① SF<sub>4</sub>의 공유 전자쌍의 수는 4개이고 비공유 전자쌍은 1개이다. 모든 전자쌍의 수가 5개인 경우에 가질 수 있는 구조는 삼각쌍뿔형을 기본으로 한다. 따라서 가능한 SF<sub>4</sub>의 기하학적 구조는 [그림 1]의 (a) 또는 (b)이다.



② 두 구조 모두에서 가장 큰 반발력을 보이는 비공유 전자쌍-공유 전자쌍간의 반발은 (a) 구조에는 2개, (b) 구조에는 3개가 있다. 따라서 SF<sub>4</sub>의 기하학적 구조는 (a) (또는 사소 구조)이다.

③ 반면, SF<sub>6</sub>는 공유 전자쌍의 수가 6개로 [그림 1(c)]와 같은 팔면체 구조이다.

④ 제시문 1에 의거하여 SF<sub>4</sub>와 SF<sub>6</sub>는 S와 F간의 전기 음성도 차이가 크기 때문에 극성 공유 결합을 가진다. SF<sub>4</sub>는 극성 분자인 반면, SF<sub>6</sub>는 이러한 극성이 모두 상쇄되는 무극성 분자이다.

⑤ 따라서 (+)전하로 대전된 막대에 끌려오는 용액 줄기는 SF<sub>4</sub>이다.

**【물음 2】**

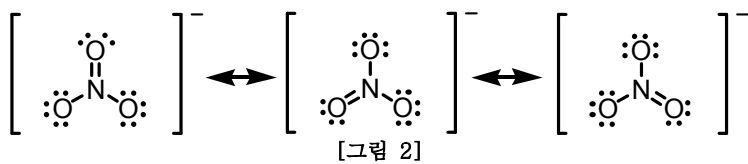
① 제시문 4에 의거하여 산의 세기를 결정하는 요소 중의 하나는 H-O 결합의 극성으로, 질산의 H-O에는 전기 음성도가 큰 원자(O 또는 O와 N)가 아질산과 메탄올보다 많이 결합되어 있다.

② 따라서 H-O 결합의 극성 측면에서 산의 세기는 질산이 가장 크다.

③ 제시문 3과 제시문 4에 의거하여 산의 세기는 그 짝염기(X<sup>-</sup>)의 공명 구조가 많을수록 안정화되어 커진다.

④ 질산의 짝염기는 [그림 2]와 같은 3개의 공명 구조를 가지기 때문에 2개의 공명 구조를 가지는 아질산보다 안정하다. 반면, 메탄올은 공명 구조가 없다. 따라서 짝염기의 공명 안정화에 의해 산의 세기는 질산이 가장 크다.

⑤ 산의 세기가 크면 클수록 아연과 반응하여 수소 기체를 많이 만들어 내므로 질산이 가장 많은 수소 기체가 발생한다.

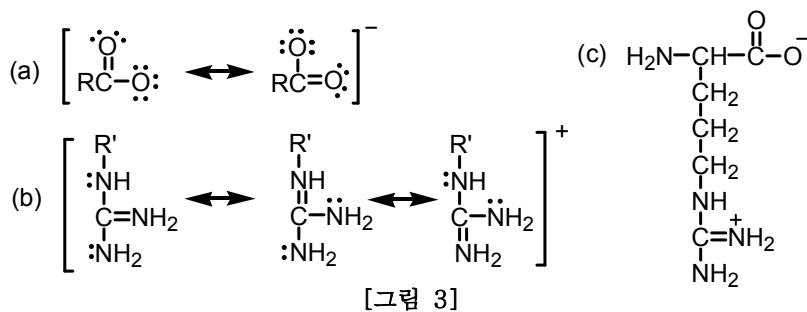


**【물음 3】**

① 수소 이온을 가장 잘 내어 놓는 산의 위치는 [그림 3(a)]와 같이 짝염기가 공명 안정화되는 카복시기이다.

② 가장 염기성인 위치는 [그림 3(b)]와 같이 짝산이 3개의 공명 구조를 가져 안정화되는 C=NH의 질소이다.

③ 따라서 아르지닌의 양쪽성 이온 상태 구조는 [그림 3(c)]와 같다.



## 생 명 과 학

### 【제시문 1】

1865년 멘델은 완두콩 실험으로 하나의 형질을 결정하는 유전 인자가 쌍으로 존재한다고 밝혔다. 그는 쌍을 이룬 유전 인자는 생식 세포가 형성될 때 분리되어 다른 생식 세포로 들어간다는 분리의 법칙과 두 쌍 이상의 대립 형질이 함께 유전될 때 서로의 유전에 영향을 미치지 않고 유전되는 독립의 법칙을 발견하였다. 1902년 서턴은 멘델이 가정한 유전 인자가 염색체에 있으며, 염색체를 통해 자손에게 전달된다는 염색체설을 주장하였다. 멘델이 생각한 유전 인자는 오늘날 유전자에 해당한다. 1926년 모건은 유전자가 염색체의 일정한 위치에 자리하고 있으며, 한 가지 형질을 결정하는 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다는 유전자설을 발표하였다. 그리고 한 염색체에서 서로 다른 형질의 두 유전자가 가까이 존재하면 연관되어 같이 유전되는 경향이 있음을 규명하였다. 1990년 초에 시작된 인간 유전체 사업(Human Genome Project)은 사람의 DNA 염기서열을 분석하여 유전자의 수가 약 3만개 이하인 것을 밝혔다. 생물의 특징을 나타내는 유전 정보의 총합을 유전체라고 한다.

### 【제시문 2】

세포는 성장하고 분열하여 딸세포를 얻는 과정을 일정기간 동안 주기적으로 반복하는데 새로 생긴 딸세포가 다시 분열을 마칠 때까지의 과정을 세포 주기라고 한다. 세포 주기는 세포의 종류와 환경에 따라 다양하다. 감수 분열은 정소와 난소 같은 생식기관에서 딸세포의 염색체 수가 모세포의 절반이 되는 과정으로, 상동 염색체끼리 결합하여 2가 염색체가 된 후 무작위로 분리되어 생식 세포를 형성한다. 또한 이 과정에서 염색체 부위의 일부가 교환되는 교차에 의해 대립 유전자가 바뀔 수 있다. 상동 염색체가 결합하고 2가 염색체가 형성되는 데는 특정 단백질 기구가 관여한다. 사람의 정자 형성 과정을 살펴보면, 정자는 사춘기 때부터 감수 분열을 시작하여 매일 많은 수의 정자가 만들어지는데 각 정자가 완성되는 데는 약 64일이 걸린다. 반면에 난자 형성 과정은 출생 전에 감수 1분열이 시작되어 출생 시 감수 1분열의 전기가 끝나고, 그 상태에서 월경 전까지 유지되다가, 수정이 되어야 감수분열을 마친다.

### 【제시문 3】

유전자나 염색체에 이상이 생기면 정상 형질이 발현되지 못하고 여러 가지 이상 증세가 나타날 수 있다. 이처럼 유전자 또는 염색체에 이상이 생겨 부모에게 없던 형질이 나타나는 현상을 돌연변이라고 한다. 유전자에 돌연변이가 일어나면 형질을 결정하는 유전자가 정상 기능을 하지 못하므로 유전병이 나타날 수 있다. 염색체 돌연변이는 염색체 수에 이상이 생기거나 염색체 구조에 이상이 생기는 경우로 구분할 수 있다. 염색체 이상의 발생빈도는 남녀 생식 세포의 형성 과정 차이로 인해 다르게 나타날 수 있다. 염색체 수의 이상은 대부분 감수 분열 시 염색체가 비분리 되는 현상에 의해 일어난다. 예를 들어, 에드워드 증후군은 18번 염색체가 3개인 경우이다. 염색체 구조의 이상으로는 5번 염색체의 일부분이 결실되어 생기는 고양이 울음 증후군이 있다.

### 【물음 1】

【제시문 1】에 근거하여 다음을 답하시오.

- (1) 유전자와 대립 유전자에 대해 설명하시오. (10점)
- (2) 인간 유전체 연구의 DNA 염기서열 분석 대상이 무엇인지 적으시오. (20점)

### 【물음 2】

초파리의 몸 색깔은 A유전자, 날개 모양은 B유전자에 의해 결정된다. 회색 몸의 유전자 A는 검은색 몸의 유전자 a에 대해 우성이다. 정상날개의 유전자 B는 흔적날개의 유전자 b에 대해 우성이다.

순종의 회색·정상날개와 순종의 검은색·흔적날개를 지닌 개체들을 교배시켜 회색·정상날개를 지닌 F<sub>1</sub> 개체가 태어났다. 이 F<sub>1</sub> 개체를 다시 검은색·흔적날개를 지닌 개체와 교배시킨 결과, F<sub>2</sub> 개체에서 부모의 표현형과 동일한 자손의 수가 그렇지 않은 자손의 수보다 훨씬 많았다. 【제시문 1】 【제시문 2】에 근거하여 이 결과가 나온 이유를 설명하시오. 단, 돌연변이는 없다고 가정한다.

(30점)

### 【물음 3】

【제시문 2】 【제시문 3】에 근거하여 다음을 답하시오.

- (1) 사람의 경우 같은 부모로부터 유전적으로 다양한 자손이 태어날 수 있는 이유를 설명하시오. (10점)
- (2) 일반적으로 다운 증후군은 산모의 나이가 많은 경우에 발생빈도가 높다. 그 이유를 설명하시오. (25점)
- (3) 다운 증후군 중 드물게는 산모의 나이에 관계없이 나타난다. 그에 대한 원인을 어머니 쪽에서 찾아 설명하시오. (5점)

### ● 관련 교과서 내용

고등학교 교과서 『생명 과학 I』 ‘세포와 생명의 연속성’

### ● 출제 배경

고등학교 『생명 과학 I』 세포와 생명의 연속성 단원에서 세포 분열과 유전에 대한 개념을 소개하면서, 생명의 연속성을 설명할 수 있는 근간이 되는 유전자, 감수 분열, 염색체 돌연변이 등을 종합적으로 이해하는 관점에서 다루었다.

본 제시문에서는 멘델의 유전인자로부터 시작해 인간유전체연구에 이르기까지의 유전자 연구의 과학사적 내용과 유전적 다양성의 원인이 되는 감수분열과정과 돌연변이에 대해 설명하고 있다. 본 문항에서는 먼저, 유전자, 대립 유전자, 유전체 연구에서 다루는 내용과 같은 기본 용어에 대한 개념과 의미를 파악하고 있는지를 물었다. 또한 감수 분열시 일어나는 염색체들의 분리와 교차 등에 대한 이해와 적용을 평가하였다. 기본적인 유전학 지식을 바탕으로 돌연변이 중 염색체의 구조와 수의 이상에 대하여 특정 질환을 예시하여 감수 분열시 염색체들의 변화과정의 이해와 유전의 다양성을 종합적으로 사고할 수 있는지를 평가하였다.

### ● 문항 해설

- (1) 멘델의 법칙부터 인간유전체 사업에 이르는 현대 유전학의 중요한 발견에 대한 기술을 통해 학생들에게 유전에 대한 주요개념에 정확히 파악하고 있는지 알아보고자 하였다.
- (2) 유전에 대한 개념을 이해하고 초파리 실험을 나온 결과를 추론할 수 있는지 알아보고자 하였다.
- (3) 세포주기와 유전 그리고 돌연변이에 대한 전반적인 이해를 알아보고자 하였다.

● 답안 예시

생명 과학

문제 1-1)

- 1) 유전자: 형질을 결정하는 유전 정보가 있는 DNA의 특정 부위.
- 2) 대립유전자: 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 하나의 형질을 결정하는 유전자의 형태. 대립유전자는 양쪽이 똑같거나 서로 다를 수 있다.

문제 1-2)

인간 유전체 연구의 DNA 염기서열 분석 대상: 22개 상염색체, 2개의 성염색체(X, Y), 미토콘드리아 DNA.

문제 2)

순종의 회색 정상날개(AABB)와 순종의 검은색 흔적날개(aabb)가 교배를 통해 나오는 F<sub>1</sub> 세대의 유전자형은 AaBb이고 표현형은 회색 정상날개이다. 이를 순종 검은색 흔적날개의 초파리(aabb)와 교배한 결과, F<sub>2</sub> 개체는 F<sub>1</sub> 부모의 표현형인 회색 정상날개(AaBb)와 검은 색 흔적날개(aabb)의 자손 수가 그렇지 않은 자손인 회색 흔적날개(Aabb)와 검은색 정상날개(aaBb)보다 많이 나왔다는 사실은

- (1) F<sub>2</sub> 개체에서 **【제시문 1】**에 멘델이 제시한 “두 쌍 이상의 대립 형질이 함께 유전될 때 서로의 유전에 영향을 미치지 않고 유전되는 독립의 법칙”을 따른다면 F<sub>2</sub> 개체의 자손수가 동일해야 한다. 하지만 이를 따르지 않고
- (2) 모건이 제시한 “한 염색체에서 서로 다른 형질의 두 유전자가 가까이 존재하면 연관되어 같이 유전되는 경향이 있음”, 즉 A와 B 유전자가 연관이 되어 자손에게 물려주기 때문이다.
- (3) 그러나, 부모의 표현형과 동일한 자손의 수가 그렇지 않은 자손 수보다 훨씬 많았다는 사실은 두 형질이 완전히 연관되지 않고 **【제시문 2】**에 “상동 염색체 사이에서 염색체 일부가 교환되는 교차에 의해 대립 유전자가 혼합된다”, 즉 감수분열동안 상동염색체간의 교차가 일어났기 때문이다.

문제 3-1)

- (1) **【제시문 2】** “감수분열은 상동염색체끼리 결합하여 2가 염색체가 된 후 무작위로 분리되어 생식 세포를 형성한다.” 에서처럼 상동염색체의 무작위 생식 세포로의 분리 (독립분리, independent assortment).
- (2) **【제시문 2】** “염색체 부위의 일부가 교환되는 교차에 의해 대립 유전자가 바뀔 수 있다” 감수 1분열시 교차에 의해 상동 염색체 사이의 염색체 일부의 교환이 일어난다.
- (3) **【제시문 2】** **【제시문 3】** 에서 돌연변이에 의해서이다.
- (4) 수정시 정자와 난자가 무작위적으로 만난다.

문제 3-2)

다운 증후군은 **【제시문 3】** 에 “21번 염색체 수가 3개로 염색체 수에 이상이 생기는 유전병”으로, **【제시문 2】** 에 “상동 염색체끼리 결합하여 2가 염색체가 된 후 무작위로 분리되어 생식 세포를 형성”에서

- (1) 21번 상동 염색체가 감수 1분열에서 비분리되어 일어나는 현상이다.
- (2) 감수 1분열에 걸리는 시간은 **【제시문 2】** “사람의 정자 형성 과정은 사춘기 때부터 감수 분열을 시작하여 매일 1억 개 이상의 정자가 약 64일 만에 만들어진다. 난자 형성 과정은 출생 전에 감수 1분열이 시작되어 출생 시 감수 1분열의 전기가 끝난 상태에서 유지되다가, 수정이 되어야 감수분열을 마친다”에서 처럼 남자와 여자에서 다르고, 여자에서 감수 1 분열기가 훨씬 길다.
- (3) **【제시문 2】** “상동 염색체가 모여 2가 염색체가 형성에 필요한 특정 단백질 기구”에서 처럼 감수 분열 기구가 산모 나이가 증가함에 따라 기능이 약해져서 염색체 비분리가 증가

문제 3-3)

**【제시문 3】** 에서 “염색체 돌연변이는 염색체 수에 이상이 생기거나 염색체 구조에 이상이 생기는 경우로 구분할 수 있다.”처럼 다운 증후군도 드물게 염색체 구조 이상(21번 염색체 전좌)으로 나타날 수 있다.

## 지구 과학

### 【제시문 1】

태풍은 우리나라의 연간 자연재해로 인한 피해의 60% 이상을 차지하는 매우 위협적인 기상현상이다. 태풍은 순간 최대 풍속이 17 m/s 이상이며 저기압성 회전(북반구에서는 반시계 방향으로 회전)을 하는 거대한 대기의 소용돌이로 그 지름이 수 백 km인 열대 저기압이다. 태풍의 주요 에너지원은 따뜻한 해수면으로부터 공급되는 수증기가 상승 과정에서 응결하면서 방출하는 숨은열이다. 그러므로 태풍이 세력을 계속 유지하거나 발달하기 위해서는 수증기의 공급이 지속적으로 필요하다. 물의 증발은 수온이 높을수록 더 잘 일어난다. 태풍에 동반되는 강풍과 집중호우는 가옥붕괴, 농경지 침수, 산사태 등의 피해를 일으킨다.

### 【제시문 2】

태풍은 일기도상에서 등압선이 동심원 형태로 나타나고 등압선 간격이 매우 조밀하다. 등압선 간격이 좁을수록 풍속이 강하다. 태풍의 강풍은 태풍의 중심과 주변부 사이에 큰 수평기압차에 의해 발생한다.

[그림 1]은 두 등압면의 연직 단면에서 대기층의 두께( $\Delta Z$ )를 나타낸 것이다.  $P_1$ 과  $P_2$ 는 두 등압면의 기압이다.



[그림 1]

태풍과 같이 대기 운동의 수평 규모가 연직 규모보다 훨씬 큰 경우 대기층의 두께와 평균 온도( $T$ )는 다음의 관계식을 만족한다.

$$\Delta Z = \frac{RT}{g} \ln(P_2/P_1)$$

여기서  $R$ 은 기체 상수이고,  $g$ 는 중력 가속도이다.

### 【제시문 3】

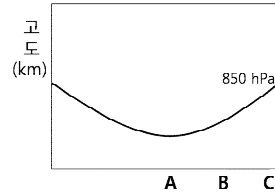
태풍에 수반되는 집중호우는 지표면의 토양이나 퇴적물 그리고 암석 등을 불안정하게 만든다. 이 불안정한 물질이 경사면을 따라 낮은 곳으로 이동하는 것을 사태라고 한다. 사태의 발생은 주로 사면 구성물의 특성, 구성물 내에 있는 물의 함유량, 사면의 경사도에 영향을 받는다. 사면에서 토양이나 퇴적물, 암석이 미끄러져 내리지 않는 최대각을 안식각이라고 한다. 안식각의 크기는 퇴적물의 입자 크기에 비례한다. 또한 입자들의 공극 내 물의 함유량과 암석의 면구조 존재 여부에 따라 안식각의 크기가 변화한다. 사태에 영향을 주는 암석의 면구조에는 층리, 습곡, 단층 등이 있다. 암석 내에 물의 함유량이 급격히 증가하게 되면 암석은 경사진 면구조의 경사방향으로 매우 빠르게 미끄러져 내려가는 사태가 일어난다.

### 【물음 1】

많은 피해를 주었던 태풍 매미가 우리나라를 통과할 때 한반도 주변 해역의 해수면 온도는 평년보다 2~3 °C 더 높았다. 이와 같이 한반도 주변 해역의 해수면 온도가 평년보다 높은 경우 한반도를 통과하는 태풍은 강한 세력을 유지할 수 있다. 그 이유를 【제시문 1】에 근거하여 설명하시오. (30점)

### 【물음 2】

태풍은 중심으로 갈수록 대기층의 평균 온도가 증가하는 저기압이다. [그림 2]는 태풍의 중심을 통과하는 연직 단면과 850 hPa 등압면이 만나서 이루는 곡선을 연직 단면에 나타낸 것이다.



[그림 2]

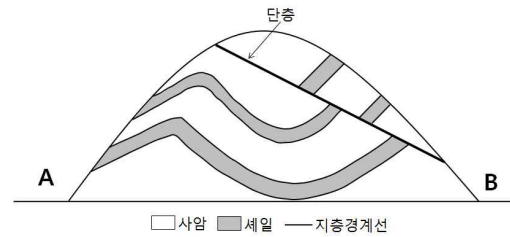
(1) 850 hPa 등압면과 500 hPa 등압면 사이의 대기층의 두께는 [그림 2]의 A지점과 C지점의 상공 중 어느 곳에서 더 두꺼운지를 【제시문 2】에 근거하여 설명하시오. (15점)

(2) [그림 2]의 B지점 상공에서 태풍의 풍속은 850 hPa 등압면과 500 hPa 등압면 중 어느 등압면에서 더 큰지를 【제시문 2】에 근거하여 설명하시오. 단, 바람은 두 등압면에서 모두 저기압성 회전을 하고 있다. (15점)

### 【물음 3】

(1) 가뭄이 계속되다가 태풍에 수반된 집중호우가 발생하였다. 이로 인해 사태가 일어나 엄청난 피해가 생겼다. 【제시문 3】에 근거하여 사태가 일어나기 전의 안식각( $\theta_1$ )과 집중호우로 인해 사태가 발생했을 때의 안식각( $\theta_2$ )의 변화를 설명하고, 안식각의 변화를 일으킨 원인을 설명하시오. 단, 사태가 일어난 사면은 동일한 토양으로 구성되었다고 가정한다. (20점)

(2) [그림 3]은 사암과 셰일로 이루어진 산이다. 집중호우로 인한 사태는 A와 B 지역에서 모두 일어날 수 있다. 【제시문 3】에 근거하여 두 지역에서 일어날 수 있는 사태의 발생 과정을 각각 설명하시오. (20점)



[그림 3]

### ● 관련 교과서 내용

- ☞ 고등학교 교과서 『지구 과학I』(교학사), ‘사태’ p 107-109, ‘태풍’ p. 131-133
- ☞ 고등학교 교과서 『지구 과학I』(천재교육), ‘사태’ p 114-116, ‘태풍’ p. 132-135

### ● 출제 배경

태풍은 한반도에 영향을 미치는 대표적인 자연 재해중의 하나이다. 태풍의 주 피해는 강풍과 집중호우로 가옥파괴, 농경지 침수, 산사태이다. 태풍의 강도변화나 강풍, 산사태는 한반도에 태풍 내습 시 일기예보를 통해 흔하게 접할 수 있는 내용이며 소재들이다. 제시문에 태풍의 주요 에너지원과 강풍의 발생원리, 정역학 평형개념, 산사태의 원리에 대하여 제시문에 제공하였다. 교육과정을 정상적으로 마친 학생이 제시문에 주어진 개념들을 사용해 태풍과 사태라는 소재에 적용해 논리적인 사고를 통해 문제를 해결할 수 있는 능력이 있는지 평가하고자 하였다. 주제와 제시문은 『지구 과학I』 교과서에서 다루고 있는 내용이다. 지구과학 I에서 다루어지지 않는 내용은 제시문에 기술하였다.

### ● 문항 해설

**【물음 1】** 본 물음에서는 태풍의 강도유지와 수온의 관계를 묻고 있다. 태풍이 강도를 유지하기 위해서는 에너지 공급이 필요하고 에너지 원은 수증기가 응결하면서 발생하는 숨은 열이므로 수증기의 지속적인 공급이 필요하다. 수증기는 증발에 의해 대기 중에 공급되고 증발은 수온이 높을수록 커지므로 수온이 높을수록 지속적인 에너지를 태풍에 제공함으로써 강도를 유지할 수 있게 한다.

**【물음 2】** 본 물음에서는 익숙한 소재인 태풍의 열적 구조를 주고 바람구조가 어떻게 변화하는지를 제시문의 내용을 이용하여 논리적으로 설명하는 문제이다. 먼저 제시문에 주어진 관계식을 보고 물리적인 의미를 해석하여 두 등압면의 층의 두께는 평균온도가 클수록 두

꺼워진다는 결과를 얻고 그 결과를 이용해서 고도가 높아질수록 중심과 주변간의 수평기압차가 감소하고 일정한 수평거리에서 수평기압차가 감소하면 풍속이 감소한다는 것을 유추하여 어느 등압면에서 풍속이 더 강한지를 유추하는 문제이다.

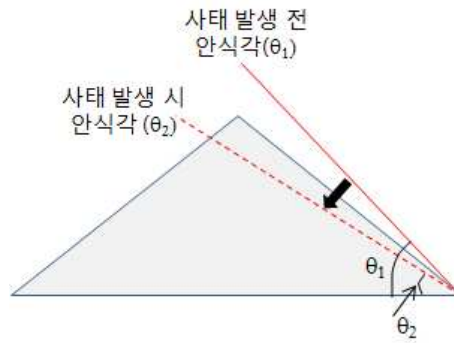
**【물음 3】**

본 물음에서는 자연재해 중 사태의 원인과 발생과정을 이해하고 있는지를 평가하고자 한다.

사면을 구성하는 물질이 여러 가지 원인에 의해 낮은 곳으로 이동하는 현상을 사태라고 한다. 사면의 안정도는 경사면 위에 있는 구성 물질의 특성, 사면의 경사도와 지형, 물의 함유량 등에 의해 결정된다. 사면에 놓여 있는 물질들이 이동하지 않는 최대각을 안식각이라 한다. 이 안식각은 사면 물질의 종류, 물의 함유량, 암석의 면구조 발달 여부에 따라 달라진다.

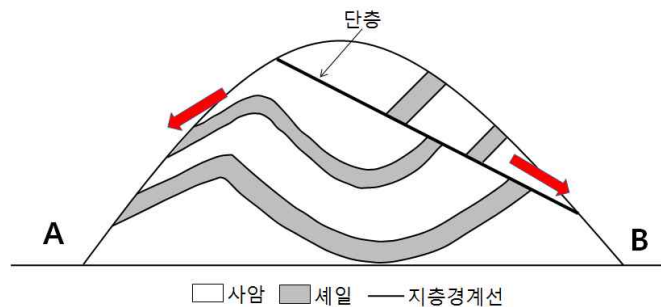
(1) 이 문항은 물에 의한 사태 발생 원인을 이해하고 있는지를 평가하고자 한다.

동일한 토양으로 구성된 사면에 집중호우가 발생하면, 토양 내 물의 함유량이 증가하게 된다. 물의 양이 증가되면 토양의 무게와 간극수압의 증가하게 되어 내부 마찰력을 감소시킨다. 토양 내 물의 함유량이 적을 때 사면의 안식각( $\theta_1$ )은 물에 포화되었을 때의 안식각( $\theta_2$ )보다 크다(아래 그림 참고).



(2) 이 문항은 사암과 셰일의 특성과 상이한 지질구조(암석의 면구조)를 보이는 두 지역의 사태 발생과정을 해석할 수 있는 능력을 평가하고자 한다.

[A지역] 모래 입자로 구성된 사암은 점토로 구성된 셰일보다 물이 투과되는 정도가 크고, 반면에 셰일은 사암에 비해 물을 더 오랫동안 함유할 수 있다. 집중호우로 많은 양의 물이 이암과 사암 내로 유입되면 암석 내의 물 함유량이 증가되고, 수압이 증가되어 암석이 불안정해진다. 그 결과 습곡된 지층경계면(층리면)의 경사방향을 따라 사태가 발생하게 된다(그림 참고).



[B지역] 이 지역에서 사암과 셰일의 지층경계면(층리면)의 경사방향은 사면 경사와 반대로 놓여 있지만, 단층면의 경사방향이 사면의 경사 방향과 동일하다. 따라서 집중호우로 인해 단층면 상부에 놓여 있는 사암과 셰일 내의 물 함유량이 급격히 증가하게 되면, 단층면을 따라 사태가 발생하게 된다.



**【물음 1】**

【제시문 1】에 따르면 태풍의 에너지원은 습윤열이다. 습윤열은 수증기가 응결하면서 방출하는 열이다. 그러므로 수증기의 양이 많을수록 습윤열도 많다. 대기 중의 수증기는 증발에 의해서 공급된다. 【제시문 1】에 따르면 증발은 수온이 높을수록 많이 일어난다. 그러므로 해수면 온도가 높을수록 더 많은 에너지를 태풍에게 제공할 수 있어서 태풍은 강한 세력을 유지할 수 있다.

**【물음 2】**

(1) A 지점이 태풍의 중심이다. 태풍의 중심으로 갈수록 평균 온도가 높다. 그러므로 A 지점의 평균온도가 C 지점보다 더 높다. 대기층의 평균온도가 높을수록 층의 두께가 두껍다. 그러므로 A 지점상공의 층 두께가 더 두껍다

(2) A 지점의 상공의 층 두께가 C 지점보다 두꺼우므로 중심과 주변간의 수평기압차는 B 지점 상공의 500hPa 등압면 고도에서 850hPa 등압면고도에서보다 더 작다. 수평기압차가 클수록 등압선 간격이 조밀하다. 등압선 간격이 조밀할수록 풍속이 크다. 그러므로 풍속이 더 큰 것은 B 지점 상공의 850 hPa 등압면이다.

**【물음 3】**

(1) 동일한 토양으로 구성된 사면 안식각의 변화는 사태가 일어나기 전의 안식각( $\theta_1$ )이 집중호우로 인한 사태 발생 시 안식각( $\theta_2$ )의 보다 크다( $\theta_1 > \theta_2$ ). 안식각의 변화가 일어난 이유는 집중호우로 인해 토양 내 물의 함유량 증가되고 공극 내 수압(간극수압)이 증가된다. 그 결과 토양은 내부 마찰력이 감소되어 아래로 흘러내려 사태가 발생하였다.

(2) (2) [A 지역] 집중호우로 많은 양의 물이 이암과 사암 내로 유입되면 세일의 불투수성으로 암석 내의 수압이 증가되고, 내부 마찰력이 감소되어 안식각이 작아지게 된다. 그 결과 습곡된 지층경계면(층리면)의 경사방향을 따라 사태가 발생하게 된다.

[B 지역] B지역에서 층리면의 경사방향은 사면 경사와 반대로 놓여 있지만, 단층면의 경사방향이 사면의 경사 방향과 동일하다. 따라서 집중호우로 인해 단층면 상부에 놓여 있는 사암과 세일 내의 물 함유량이 급격히 증가하게 되면, 간극수압 증가, 내부 마찰력 감소하게 된다. 따라서 단층면을 따라 사태가 발생하게 된다.