

## 제시문 출전

- 제시문 (가) : 생명과학(교학사 2-4) 호르몬과 항상성 중 호르몬 분비량 조절(p.167), 호르몬에 의한 항상성 조절(p.168)
- 제시문 (나) : 화학 - 산염기 반응(교학사 pp.222-244), 화학II - 완충 용액(교학사 pp.195-196)
- 제시문 (다) : 통합 과학 - 화학 반응 속도(교학사 pp. 51-52), 화학II - 화학 반응 속도에 미치는 영향(교학사 pp. 234-236, 248-251)
- 제시문 (라) : 물리(교학사 p.273, 276)
- 제시문 (마) : 미적분과 통계 기본(지학사 pp. 97~98)

## 평가 목표 및 출제 의도

- [문제 1]** 항상성 조절에서 나타나는 피드백 작용을 설명하는 제시문 (가)와 용액 내 pH 변화를 일정하게 유지시켜주는 완충용액의 작용을 서술하는 제시문 (나)의 내용을 통합적으로 이해하고, 각각의 기능에 대한 공통점과 차이점을 추론하여 논리적으로 설명할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다.
- [문제 2]** 문제에서 소개된 건강한 사람과 환자에서 혈중 호르몬의 변화 양상을 보고, 제시문 (가)에서 소개한 항상성 조절 방법인 음성 피드백과 양성 피드백 중 어떤 방식으로 호르몬의 분비가 조절 되는지를 논리적으로 추론할 수 있는 능력을 평가하는 문제이다. 학생들이 이를 분석하기 위해 표로 제시된 혈중 호르몬의 농도를 그래프로 전환한 후, 호르몬 변화의 패턴을 추론 할 수 있다면 쉽게 문제를 해결할 수 있다. 또한, 이 때 나타나는 호르몬 분비의 조절을 제시문 (다)에 설명된 촉매 반응과 연결하여 문제를 해석할 수 있는 통합적, 논리적 사고력을 평가하는 문제이다.
- [문제 3]** 제시문 (다)에는 고등학교 공통과학 및 화학II 교과서에 소개되어 있는 화학 반응 속도 및 반응 차수, 그리고 반응 속도에 영향을 미치는 요인들이 설명되어 있다. 제시문을 정확히 이해하고 주어진 문제의 그래프를 보면, 문제 3에서 소개하는 반응 속도식이 1차 반응이라는 것을 알 수 있다. 또한 문제에 주어진 로그함수 형태의 관계식을 지수함수로 잘 변형시킬 수 있어야 한다. 제시문 (마)에서는 정적분의 개념과 주어진 구간에서 함수의 평균값에 대하여 상세히 설명하고 있다. 이 내용을 정확히 파악하면 150초와 300초 사이에서  $N_2O_5$ 의 평균 농도는 주어진 함수를 해당 구간에서 정적분한 값을 해당 구간의 길이로 나눈 것임을 찾아낼 수 있다. 화학 반응 속도 및 적분 개념에 대한 이해력을 평가하는 문제이다.
- [문제 4]** 고등학교 물리 교과서에 소개되어 있는 서미스터는 온도에 따라 전기 저항이 변하는 소자이다. 서미스터에서 소모되는 전기 에너지를 구하기 위해서는 우선 제시문 (라)에서 설명된 전력과 저항의 관계를 이해한 후, 전력과 열 에너지의 관계로부터 매 순간 서미스터에서 소모되는 전력이 변한다는 점을 파악해야 한다. 제시문 (마)에서 설명

된 정적분의 개념과 전력의 정의를 통해 전력을 시간에 따라 정적분한 결과가 전기 에너지임을 추론하고, 이를 이용하여 풀이의 실마리를 찾아야 한다. 전력과 열에너지의 관계식으로부터 적분을 통해 시간과 서미스터의 온도 사이 관계식을 얻은 후, 이를 통해 서미스터가 얻은 열에너지의 식을 구할 수 있고, 이 결과가 전기에너지와 동일함을 설명하는 것이 문제 풀이의 전개 과정이다. 물리 및 수학적 개념에 대한 이해력과 응용력, 논리적 문제 해결 능력을 평가하는 문제이다.

#### [문제 5]

고등학교 물리 교과서에 소개되어 있는 배리스터는 전압에 따라 전기 저항이 변하는 소자이다. 학생들은 간단한 회로 구성을 통해 가정된 응용 상황에서 제시문 (라)를 통해 회로의 구조를 이해한 후, 소자의 특성을 기반으로 제시문 (가)에 설명된 음성 피드백과의 유사성을 파악해야 한다. 주어진 상황에서 배리스터의 유무에 따라 저항에 인가되는 최대 전류를 계산하기 위해, 제시문 (라)와 그래프, 최대 전력값을 이용하여 최대 전압을 구한 후 이를 통해 최대 전류를 구할 수 있다. 그 결과를 분석하여 회로를 보호하는 배리스터의 역할을 도출해 내는 것이 문제 풀이의 전개 과정이다. 이해력, 응용력, 그래프 파악 능력 및 논리적 사고력을 종합적으로 평가하는 문제이다.

## 예시 답안 / 채점 기준

#### [문제1]

##### 예시 답안

**공통점 :** 시상하부는 항상성을 조절하는 조절 중추로서 외부 환경 변화에 대하여 생체내부 변화를 감지하여 일정한 수준으로 유지하도록 한다. 완충 용액은 산이나 염기를 넣어 주었을 때 수용액의 pH 변화를 최소화 하여 수용액의 pH 수준을 일정하게 유지하도록 한다. 즉, 외부의 변화에 대하여 자체의 수준을 일정하게 유지하도록 하는데 공통점이 있다.

**차이점 :** 시상하부는 호르몬의 분비를 조절하는 기능이 있으나 완충 용액은 조절기능이 없고 단지 화학 반응에만 관여한다. 또한, 시상하부는 분비된 호르몬에 다시 반응하여 피드백을 조절하여 몸의 상태를 일정하게 유지하는 기능이 있으나 완충용액은 피드백 작용은 없다.

##### 채점 기준

1. 공통점으로 “외부변화에 대해 자체 수준을 일정하게 유지도록 한다”라는 의미의 설명을 하면 +10점.
2. 차이점으로 “시상하부는 호르몬 분비 조절 기능이 있으나 완충 용액은 단지 화학 반응만을 매개한다.”라는 의미의 설명이 있으면 +5점.
3. 차이점으로 “시상하부는 피드백을 조절하나 완충 용액은 피드백 조절이 없다.”라는 의미의 설명이 있으면 +5점.

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 부여 가능

#### [문제2]

##### 예시 답안

건강한 사람의 경우 호르몬 A의 농도가 식사 후 3시간 동안 가장 높은 수준으로 유지되고 있다가 4시간 후부터 급격히 농도가 떨어진다. 한편 호르몬 B의 농도는 호르몬 A의 농도가 가장 높은 수준에 있는 3시간 동안 함께 양

이 점점 증가하다가 호르몬 A의 농도가 감소하는 시간부터 다소 감소하고 있다. 이는 제시문 (가)에서 언급한 피드백 조절 방법에 근거하여 호르몬 B는 A에 의하여 양성 피드백으로 양이 점점 증가하다가 호르몬 A의 농도가 감소함에 따라 함께 감소하는 경향이 있다는 것을 보여 주고 있다. 내분비 질환 환자의 경우 호르몬 A의 농도는 식사 후 1시간이 지난 다음 가장 높은 농도로 혈액 내에 있었으나 시간이 지남에 따라 점점 감소하고 있으나 호르몬 B는 오히려 점점 증가하는 양상을 보이고 있다 그러므로 내분비 질환 환자의 경우 호르몬 B는 호르몬 A에 대하여 음성 피드백으로 양이 조절됨을 알 수 있다. 건강한 사람의 경우 식사 후 3시간 동안 호르몬 B의 농도는 급격히 증가하는 반면 내분비 질환 환자의 경우 호르몬 A의 농도가 높음에도 불구하고 호르몬 B의 농도는 많이 증가하지 않았다. 이는 제시문 (다)에서 나타난 피드백을 일으키는 촉매 반응의 저해로 설명할 수 있다.

### 채점 기준

1. 건강한 사람은 양성 피드백으로 호르몬 B의 농도가 조절된다. +5점
2. 환자의 경우 음성 피드백으로 호르몬 B의 농도가 조절된다. +5점
3. 다음 중 한 가지를 설명하면 +10점
  - 내분비 질환 환자에게서 호르몬 A의 화학적 촉매 반응이 저해되었다.
  - 내분비 질환 환자에게서 호르몬 A의 활성화 에너지가 증가되어 호르몬 B가 생성되는 반응 속도가 감소하였다.
  - 내분비 질환 환자에게서 부촉매 작용이 발생하였다.

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 부여 가능

### [문제3]

#### 예시 답안

- ▶ 제시문 (다)에서, 어떤 시점에 남아 있는 반응 물질의 양이 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간(반감기)이 일정한 반응을 1차 반응이라고 명시하였다. 문제 3의 그래프를 보면  $N_2O_5$  분해 반응의 반감기가 일정하므로 이 반응의 반응 차수는 1차 반응임을 추론할 수 있다.
- ▶ 문제에서 주어진 로그함수 형태의 관계식  $\ln [N_2O_5]_t = -kt + \ln [N_2O_5]_0$ 을 재배열하여 보면 다음을 알 수 있다.

$$\ln [N_2O_5]_t - \ln [N_2O_5]_0 = -kt, \quad \ln \frac{[N_2O_5]_t}{[N_2O_5]_0} = -kt$$

$$\therefore [N_2O_5]_t = [N_2O_5]_0 e^{-kt}$$

주어진  $N_2O_5$ 의 초기농도  $[N_2O_5]_0 = 0.06 \text{ M}$ 이므로 농도 변화를 나타내는 관계식은 지수함수인  $[N_2O_5]_t = 0.06e^{-kt}$ 로 나타낼 수 있다.

- ▶ 제시문 (마)에 의하면 150초와 300초 사이에서  $N_2O_5$ 의 평균 농도는 위 지수 함수를 해당 구간에서 정적분한 값을 그 구간의 길이로 나눈 것이다.

$$N_2O_5 \text{의 평균 농도} = \frac{\int_{150}^{300} 0.06e^{-kt} dt}{|300 - 150|} = \frac{-\frac{0.06}{k} [e^{-kt}]_{150}^{300}}{150} = \frac{0.0004}{k} [e^{-150k} - e^{-300k}]$$

**채점 기준**

1. 제시문을 읽고 주어진 그래프의 어떤 시점에서 남아 있는 반응 물질의 양이 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간 (반감기)이 항상 일정하다는 점을 찾아내어 이 반응이 1차 반응이라고 하면 +5점.

(문제에 주어진  $N_2O_5$  농도 변화 관계식을 시간  $t$ 에 대해 미분하여 얻은 반응 속도식이

$$-\frac{d[N_2O_5]_t}{dt} = k[N_2O_5]_t \text{ 이므로 이 반응은 1차 반응이라고 해도 +5점}$$

2. 주어진 로그함수 형태의 관계식  $\ln [N_2O_5]_t = -kt + \ln [N_2O_5]_0$  을 이용하여 농도 변화를 나타내는 관계식이  $[N_2O_5]_t = 0.06e^{-kt}$ 의 지수함수임을 보이면 +5점.

3.  $N_2O_5$ 의 평균 농도를 구하는 적분식을 정확하게 제시하면 +5점.

4. 답을 맞게 구했으면 +5점.

(2번과 같이 지수함수를 따로 명시하지 않아도 적분을 맞게 잘하여 답이 맞으면 2번~4번을 합하여 +15점)

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 부여 가능

**[문제4]**

**예시 답안**

▶ 서미스터에서 저항에 의해 열로 소모되는 전력을  $P$ 라 하면, 제시문 (라)에 근거하여 다음과 같이 표현된다.

$$P = I^2 R = I^2 R_0 e^{-aT}$$

▶ 외부로 열에너지 손실이 없으므로, 소모되는 전력은 모두 서미스터의 온도 상승에 쓰인다. 전류가 흐르는 시간에 따라 서미스터의 온도, 저항 및 소모 전력이 변하므로 제시문 (마)의 구분구적법으로 소모된 전기에너지를 구해야 한다.

▶  $\Delta t$ 의 시간 동안 소모되는 전기에너지는  $P \Delta t$ 이고, 열에너지  $\Delta Q$ 로 전환되어 온도 상승  $\Delta T$ 가 발생하므로 다음의 식을 얻는다.

$$I^2 R_0 e^{-aT} \Delta t = \Delta Q = C \Delta T$$

$$\Delta t = \frac{C}{I^2 R_0} e^{aT} \Delta T$$

▶  $\Delta t, \Delta T \rightarrow 0$ 일 때, 전류가 흐르는  $0 \sim t$ 초 동안 서미스터의 온도는  $T_0 \rightarrow T$ 로 상승하므로, 정적분으로 다음과 같이 서미스터의 최종 온도  $T$ 를 구할 수 있다.

$$\int_0^t dt' = t = \frac{C}{I^2 R_0} \int_{T_0}^T e^{aT'} dT' = \frac{C}{I^2 R_0 a} [e^{aT} - e^{aT_0}]$$

$$T = \frac{1}{a} \ln \left( \frac{a I^2 R_0 t}{C} + e^{aT_0} \right)$$

▶ 서미스터에서 소모된 전기에너지 합  $E$ 는 서미스터가 얻은 열에너지  $Q$ 와 같으므로 다음의 결과를 얻을 수 있다.

$$E = Q = C(T - T_0) = C \left( \frac{1}{a} \ln \left( \frac{a I^2 R_0 t}{C} + e^{aT_0} \right) - T_0 \right)$$

**채점 기준**

1. 서미스터의 저항에 의해 열로 소모되는 전력  $P$ 의 식을 제시하면 +5점.
2. 시간에 따라 온도가 변하여 소모 전력이 변함을 언급하면 +5점.
3.  $\Delta T$ 와  $\Delta t$ 의 관계식, 또는 이에 해당하는 적분식을 제시하면 +5점.
4. 답을 맞게 구했으면 +5점. (다른 방식으로 식을 전개해도 답이 맞으면 3번과 4번을 합하여 +10점)

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 부여 가능

**[문제5]****예시 답안**

- ▶ 배리스터와  $1\ \Omega$  저항은 병렬로 연결되어 있으므로, 전원의 전압이  $V$ 일 때 배리스터와 저항에 흐르는 전류 및 소모 전력은 각각 다음과 같다.

$$I_{\text{배리스터}} = \frac{V}{R_{\text{배리스터}}} = Ve^{1.2V}, \quad P_{\text{배리스터}} = \frac{V^2}{R_{\text{배리스터}}} = V^2e^{1.2V}$$

$$I_{\text{저항}} = \frac{V}{R_{\text{저항}}} = V, \quad P_{\text{저항}} = \frac{V^2}{R_{\text{저항}}} = V^2$$

- ▶ 전체 소모 전력  $P$ 는 배리스터와 저항에서 소모되는 전력의 합이므로 다음과 같이 전압  $V$ 로 표현된다.

$$P = V^2(1 + e^{1.2V})$$

- ▶ 위의 식에서  $V$ 가 최대일 때  $P$ 도 최대임을 알 수 있으며, 저항에 흐르는 전류  $I_{\text{저항}} (= V)$  역시 최대임을 알 수 있다. 최대 전력이  $10^4$ 이므로 아래 식을 얻는다.

$$P = V^2(1 + e^{1.2V}) = 10^4$$

$$1 + e^{1.2V} = \frac{10^4}{V^2}$$

- ▶ 주어진 그래프에서 두 함수가 만나는  $x$  좌표가 위 식의 해이므로, 최대 전압  $V = 5$  (V)임을 알 수 있다. 따라서 저항에 흐르는 최대 전류  $I_{\text{저항}} = 5$  (A)이다.
- ▶ 배리스터가 없는 경우 저항에 인가되는 최대 전류는  $10^4 = I^2 R_{\text{저항}} = I^2$ 에서  $I = 100$  (A)이고, 배리스터가 병렬로 연결되었을 때 보다 최대 전류가 20배 크다.
- ▶ 이 회로에서 배리스터는 전압이 높아지면 저항이 낮아져서 많은 전력을 흡수하여 전압의 상승을 막아  $1\ \Omega$  저항을 보호하는 역할을 하며, 이는 제시문 (가)에서 설명된 음성 피드백의 기능으로 볼 수 있다.

**채점 기준**

1. 전압을 이용하여 전체 전력의 식을 구하면 +5점.
2. 그래프를 이용하여 회로에 인가될 수 있는 최대 전압을 구하면 +5점.
3. 배리스터가 없는 경우 저항에 인가되는 최대 전류를 구하면 +3점.
4. 배리스터가 있는 경우보다 없는 경우 높은 전류가 흐를 수 있음을 언급하면 +2점.
5. 이 회로에서 배리스터의 기능을 올바르게 설명하면 +5점.

※ 각 단계에서 답이 틀려도 논리성을 고려하여 부분 점수 부여 가능.