

2011학년도 수시모집 논술고사(자연2) 문제 답안예시

▣ 자연계 2교시 ▣

□ 문제 1

수학에서 중요 연구 분야 중 하나인 확률론 및 통계이론에 관한 기본이 되는 확률에 대한 기본 성질을 충실히 이해하고 있는지를 수학1 교과과정 수준에서 질문하고자 하였다. 사건이 일어날 수 있는 모든 가능성을 예견하고 특정한 사건이 일어날 경우를 세어 확률을 계산할 수 있는 확률이론에 대한 기본 개념의 이해 및 주어진 문제를 수학적으로 공식화하여 해결할 수 있는 논리적 사고 능력에 대하여 평가하고자 하였다.

[문제 1-i] 각 경우의 수를 생각하고 각각의 확률을 구해 더해서 게임을 이길 확률을 구할 수 있다.

[문제 1-ii] 일반적인 경우에 대하여 앞서의 논리적 사고를 일반화하여 계산하고 n 을 무한대로 보내어 극한값을 구할 수 있다.

[문제 1] 다음 <제시문 1-1>을 읽고 [문제 1-i]와 [문제 1-ii]에 대해 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1-1> 성균이는 다음의 카드놀이 게임을 하고자 한다. 1에서 $2n$ 까지 숫자가 적힌 $2n$ 장의 카드가 상자 안에 있다(여기서 n 은 양의 정수이다). 이 중에서 한 장의 카드를 뽑아 숫자를 확인한 후 남은 $2n-1$ 장의 카드 중에서 한 장을 더 뽑는다고 한다. 성균이는 두 번째 카드의 숫자를 확인하기 전에 이미 숫자를 확인한 첫 번째 카드의 숫자보다 두 번째 카드의 숫자가 클 것인지 작을 것인지 정한다. 두 번째 카드의 숫자를 확인하여 성균이의 예상과 맞으면 게임을 이기고, 예상과 다르면 게임을 지는 것으로 한다. 만약 첫 번째 카드의 숫자가 n 보다 작거나 같다면 성균이는 두 번째 카드의 숫자가 첫 번째 카드의 숫자보다 클 것으로 예상하기로 했다. 또한 첫 번째 카드가 n 보다 큰 값이 나온다면 두 번째 카드의 숫자는 첫 번째 카드보다 작은 숫자가 나올 것으로 예상하기로 했다.

[문제 1-i] $n=5$ 인 경우, 즉 1에서 10까지의 숫자가 적힌 10장의 카드를 가지고 게임을 할 때, 성균이가 게임을 이길 확률을 구하시오.

[문제 1-ii] n 이 한없이 커짐에 따라 성균이가 게임을 이길 확률이 어떤 값으로 수렴하는지 구하시오.

【예시답안】

(1-i) 첫 번째 카드의 숫자가 k 라고 하자. 두 번째 카드의 값이 k 보다 클 확률은 $\frac{10-k}{9}$ 이고 k 보다 작을 확률은 $\frac{k-1}{9}$ 이 됨을 알 수 있다. 만약 $k \leq 5$ 이면 철수는 위의 기준에 의해 두 번째 카드의 값이 크다고 예상할 것이고 그러므로 이길 확률은 $\frac{10-k}{9}$ 이 된다. 한편 $k > 5$ 이면 철수는 두 번째 카드의 값이 작다고 예상할 것이고 고로 이길 확률은 $\frac{k-1}{9}$ 이 된다. 첫 번째 카드의 숫자가 k 일 확률은 $\frac{1}{10}$ 이므로 철수가 이길 확률은 다음과 같다:

$$\begin{aligned} \frac{1}{10} \left(\sum_{k=1}^5 \frac{10-k}{9} + \sum_{k=6}^{10} \frac{k-1}{9} \right) &= \frac{1}{90} \left(\sum_{k=1}^5 (10-k) + \sum_{k=6}^{10} (k-1) \right) \\ &= \frac{1}{90} \left(\sum_{k=1}^5 (11-2k) + \sum_{k=1}^{10} (k-1) \right) = \frac{1}{90} (45 + 55 - 30) = \frac{7}{9}. \end{aligned}$$

(1-ii) 첫 번째 카드의 숫자가 k 라고 하자 (k 는 1과 $2n$ 사이의 값이다). 두 번째 카드의 값이 k 보다 클 확률은 $\frac{2n-k}{2n-1}$ 이고 k 보다 작을 확률은 $\frac{k-1}{2n-1}$ 이 됨을 알 수 있다. 만약 $k \leq n$ 이면 철수는 위의 기준에 의해 두 번째 카드의 값이 크다고 예상할 것이고 그러므로 이길 확률은 $\frac{2n-k}{2n-1}$ 이 된다. 한편 $k > n$ 이면 철수는 두 번째 카드의 값이 작다고 예상할 것이고 고로 이길 확률은 $\frac{k-1}{2n-1}$ 이 된다. 첫 번째 카드의 숫자가 k 일 확률은 $\frac{1}{2n}$ 이므로 철수가 이길 확률은 다음과 같다:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2n} \left(\sum_{k=1}^n \frac{2n-k}{2n-1} + \sum_{k=n+1}^{2n} \frac{k-1}{2n-1} \right) &= \frac{1}{2n(2n-1)} \left(\sum_{k=1}^n (2n-k) + \sum_{k=n+1}^{2n} (k-1) \right) \\ &= \frac{1}{2n(2n-1)} \left(\sum_{k=1}^n (2n+1-2k) + \sum_{k=1}^{2n} (k-1) \right) = \frac{3n-1}{2(2n-1)}. \end{aligned}$$

이때 n 을 무한대로 보내면 게임을 이길 확률은 $\frac{3}{4}$ 으로 수렴한다.

□ 문제 2

미분과 적분은 자연과학과 공학에서 요구되는 필수적인 수학적 요소이다. 고등학교 수학에서 접하게 되는 미적분의 내용으로도 실제 적용되는 분야의 폭은 매우 넓다. 그러나 수학을 풀이 위주의 문제로만 다루고 개념적인 이해가 부족하다면, 간단한 수식이더라도 이를 적용해서 실제 문제를 해결해 가는 과정이 매우 어렵게 느껴질 수 있다. 이 문제는 일상생활에서 친숙한 열의 이동에 대한 내용이지만, 낯선 수식의 형태로 주어졌을 때 미분과 최대, 최소의 개념을 이용하여 식의 특성을 파악하고 그 결과의 의미를 판단할 수 있는지 묻고 있다. 이를 통해 미적분을 통합적으로 이해하고 사고할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

[문제 2-i]은 실제로 열전달에서 이용되지만 학생들이 접해보지 못한 형태의 수식에 대해 간단한 미분을 통해 식의 성질을 이해하고 최대 또는 최소를 구할 수 있는지 묻는 질문이다.

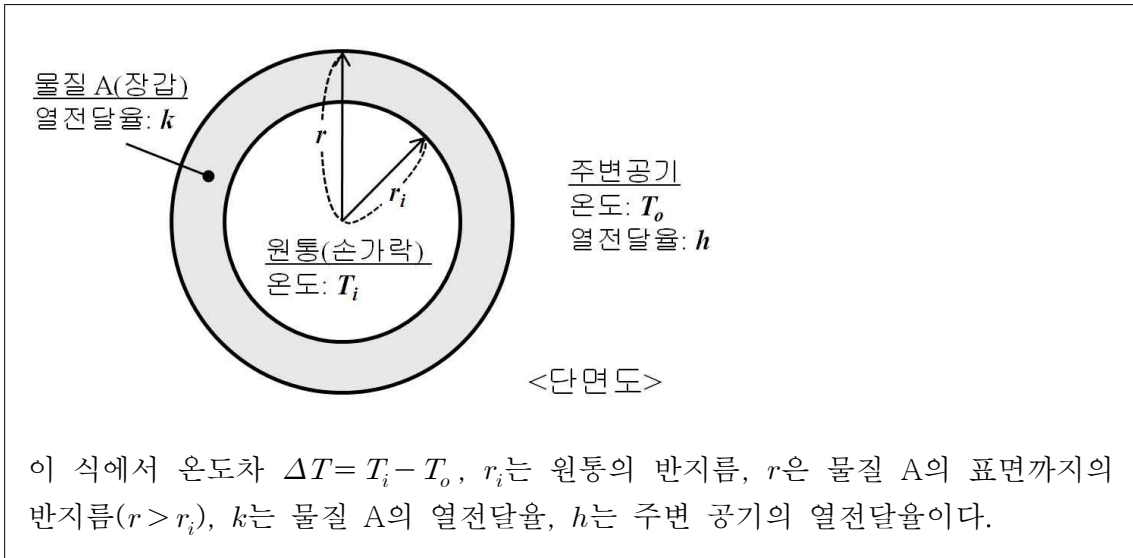
[문제 2-ii]는 최대, 최소의 개념을 함수의 형태로만 접해온 학생들이 전달된 열의 양이라 낯선 함수에 대해서 미분을 통해 구한 최대 최소의 결과의 의미를 물리적으로 이해하여 판단할 수 있는지 평가하는 질문이다.

[문제 2] 다음 <제시문 2-1>과 <제시문 2-2>를 읽고 [문제 2-i]와 [문제 2-ii]에 대해 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 2-1> 열의 이동은 온도의 차이에 의해서 발생하며, 온도의 차이가 커지거나 물질의 열전달율이 커질수록 이동하는 열이 많아진다. 예를 들어 겨울에 온도가 낮아져 체온과의 차이가 커질수록 몸에서 빠져나가는 열의 양이 증가함으로써 춥게 느끼게 된다. 또한 같은 온도라 하더라도 바람이 세질수록 공기의 열전달율이 커져 몸에서 빠져나가는 열이 증가하므로 체감 온도가 낮아지게 된다.

<제시문 2-2> 추운 겨울날 손에 장갑을 낀 경우 열의 이동을 아래 그림과 같이 원통의 형태로 단순화하여 생각해 보자. 그림과 같이 길이가 충분히 긴 원통(손가락)의 주위를 어떤 물질(장갑)이 둘러싸게 되면, 주변 공기와의 온도차 ΔT 에 의해 일어나는 단위 길이와 단위 시간당 이동한 열의 양 q 는 아래의 수식으로 표시된다.

$$q = \frac{2\pi\Delta T}{\frac{\ln(r/r_i)}{k} + \frac{1}{hr}}$$



[문제 2-i] 온도차(ΔT)와 물질 A의 열전달율(k), 공기의 열전달율(h), 원통 직경(r_i)을 양의 상수로 보고, 물질 A의 바깥쪽 반지름 r 만이 변한다고 하자. 이 때 이 동한 열의 양 q 가 최대가 되는 r 의 값을 풀이과정과 함께 구하시오.

[문제 2-ii] 겨울에 왼손에는 고무장갑($k=0.12$)을 끼고 오른손에는 가죽장갑($k=0.05$)을 낀 경우를 생각해 보자. 엄지손가락의 반지름은 $r_i = 0.015$ m, 새끼손가락의 반지름은 $r_i = 0.01$ m, 공기의 열전달율은 $h=10$, 장갑의 두께는 모두 0.001 m라 하자. 양손의 엄지와 새끼손가락 중에서 어떤 손가락이 장갑을 끼기 전보다 더 춥게 느껴지는지 **[문제 2-i]**의 결과를 이용하여 설명하시오. 여기서 장갑과 손가락 사이의 공기층은 무시한다.

[예시답안]

[문제 2-i]

$$q = \frac{2\pi\Delta T}{\frac{\ln(r/r_i)}{k} + \frac{1}{hr}}$$

가 최대가 되려면 분모가 최소가 되어야 한다.

분모를 $y = \frac{\ln(r/r_i)}{k} + \frac{1}{hr}$ 로 놓고 미분하면 $y' = \frac{1}{kr} - \frac{1}{hr^2} = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{hr} \right)$ 이 되므로

최대 또는 최소는 $r = \infty$ 또는 $r = \frac{k}{h}$ 에서 존재한다.

이 두 값 중 어떤 값에서 최소인지 판단하려면,

$$y'' = -\frac{1}{kr^2} + \frac{2}{hr^3} = \frac{1}{r^2} \left(\frac{2}{hr} - \frac{1}{k} \right)$$

$r = \frac{k}{h}$ 일 때 $y''(r = \frac{k}{h}) = \frac{1}{r^2} \left(\frac{2}{k} - \frac{1}{k} \right) = \frac{1}{r^2} \frac{1}{k} > 0$ 이 되므로 y 가 최소(q 가 최대)이다.

반면, $r = \infty$ 일 때 $y'' < 0$ 이 되므로 y 는 최대이다.

(또는, 아래 표와 같이 $r < \frac{k}{h}$ 일 때 $y' < 0$, $r > \frac{k}{h}$ 일 때 $y' > 0$ 임을 보여 $r = \frac{k}{h}$ 에서 y 가 최소(q 가 최대)임을 확인한다.)

r	...	$r = k/h$...
y'	-	0	+
y	\searrow	최소	\nearrow
q	\nearrow	최대	\searrow

답: q 가 최대가 되는 값은 $r = \frac{k}{h}$

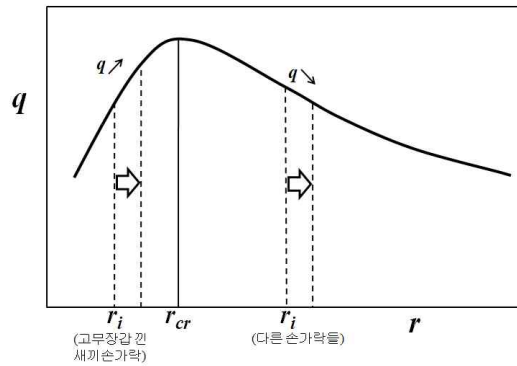
[문제 2-ii]

$r_{cr} = \frac{k}{h}$ 이라 하면,

고무장갑의 $r_{cr} = \frac{k}{h} = 0.12/10 = 0.012$, 가죽장갑의 $r_{cr} = \frac{k}{h} = 0.05/10 = 0.005$.

가죽장갑의 경우 두 손가락의 반경 $r_i = 0.015, 0.01$ 에 대해 $r > r_i > r_{cr}$ 가 되어 어떤 r 에 대해서도 q 가 감소하므로 장갑을 끼기 전보다 따뜻하게 느끼게 된다.

고무장갑은 엄지손가락의 경우 $r > r_i > r_{cr}$ 이므로 더 따뜻하게 느끼지만, 새끼손가락의 경우 $r_{cr}(0.012) > r(0.011) > r_i(0.01)$ 이 되므로 q 가 오히려 증가하여 춥게 느껴지게 된다.



답: (고무장갑을 낀) 왼손 새끼손가락

□ 문제 3

물리학은 자연 현상의 기본이 되는 보편적인 원리를 다루는 학문이다. 고교과정 물리1에서 배운 지식을 기반으로 물리적인 개념을 정확히 이해하고 있는가를 측정하고자 하였다. 특히 일상생활에서 쉽게 접할수 있는 물리적인 현상이나 사례, 예를 들어 물체를 높이 던졌을 때의 물체의 운동, 용수철의 진동운동, 도선의 온도에 따른 전기 저항, 그리고 도플러 현상 등을 통하여 물리적인 기본 개념을 자신의 생각과 어떻게 연관시켜 논리적으로 답할 수 있는지 등을 판단하기 위한 의도로 문제를 출제하였다.

[문제 3-i] 등가속도 운동에서 시간에 따른 이동거리를 처음속도 v_0 가 음의 상수로 주어질 때, 시간에 대한 이동거리 $s(t)$ 를 구할 수 있는가 평가한다. 실례로 돌을 높이 던졌을 때, 훌라후프를 앞으로 회전을 시켜 던졌을 때 물체가 되돌아 오는 운동과 관계 되는 것으로 학생들에게 처음속도가 음의 상수가 무엇을 의미하는지를 묻고 있는 문제이다.

[문제 3-ii] 고전역학에서 중요하게 다루는 역학적 에너지 보존법칙의 이해도를 묻는 질문이다. 위치에너지와 용수철의 탄성에너지의 기본개념을 이해하고, 그에 따른 물리적 보존법칙을 이용하여 과학적이고 논리적인 답을 추론하는지를 평가하기 위한 문제이다.

[문제 3-iii] 도선의 전기 저항과 비저항과의 관계를 묻고 있다. 비저항 값은 제시문을 통해 설명하고, 비저항이 온도에 대한 함수로 주어져 있을 때, 주어진 몇가지 물리량을 가지고 철(Fe)선의 전기 저항을 논리적으로 추론 할 수 있는지를 알아 보고자 하였다.

[문제 3-iv] 도플러 현상은 일상생활에서 쉽게 접할수 있는 물리현상이다. 관측자와 음원이 동시에 움직이는 경우에 관측되는 진동수는 어떻게 논리적으로 적용하는지를 평가하고자 하였다. 일상적인 물리현상을 통해서 그 결과를 적절하게 예상하고 그러한 결론에 대한 과학적이고 논리적인 근거를 제공할 수 있는지를 평가하기 위한 문제이다.

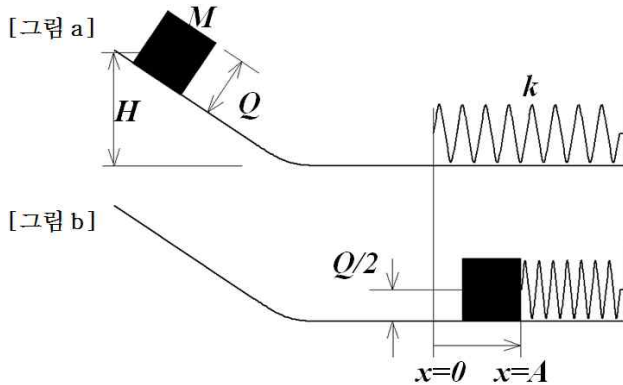
[문제 3] 다음 <제시문 3-1>과 <제시문 3-2>를 읽고 [문제 3-i]에서 [문제 3-iv]까지 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 3-1> 도선의 온도가 올라가면, 도선이 팽창하고 비저항 ρ 가 변하게 된다. 온도가 크게 변하지 않으면, 비저항 ρ 는 기준 온도 T_0 에서 비저항의 크기 ρ_0 와 온도의 증가량 $T - T_0$ 에 비례하여 증가한다. 이때 비례 상수를 비저항의 온도 계수 α 라 하고, 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\rho - \rho_0}{T - T_0} \right)$$

<제시문 3-2> 구급차가 사이렌을 울리면서 관측자를 향하여 다가올 때 사이렌 소리가 높게 들리다가 구급차가 멀어지면 소리가 낮게 들린다. 이러한 현상을 도플러 효과라고 한다. 관측자가 정지해 있고 음원이 속력 v_s 로 다가오는 경우, 관측자가 듣는 진동수 f_0 는 $f_0 = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) f_s$ 이다. 마찬가지로 음원이 정지해 있고 관측자가 속력 v_0 로 음원 쪽으로 다가갈 경우, 관측자가 듣는 진동수는 $f_0 = \left(\frac{v + v_0}{v} \right) f_s$ 이다. 여기서 f_s 는 음원의 진동수이고 v 는 소리의 속력 340 m/s이다.

[문제 3-i] 원점에서 출발하여 x 축 위에서 일정한 가속도 a (양의 상수)로 운동하는 물체가 있다. 처음 속도가 v_0 (음의 상수)인 경우, 시간 $t(\geq 0)$ 에 따른 이 물체의 위치를 그래프로 그리시오.



[문제 3-ii] 밀도가 일정한 질량 M , 두께 Q 인 물체가 지면에서 물체의 무게중심까지 높이가 H 인 경사면에 놓여 있다. 이 물체가 중력(중력가속도 g)에 의해 내려가서 ([그림 a]) 용수철(용수철 상수 k)을 최대한 압축시킨다 ([그림 b]). 용수철이 압축된 최대 길이를 A 라 할 때, A 를 주어진 물리량 k, g, M, Q 그리고 H

의 함수로 나타내시오. 여기서 표면과의 마찰과 공기저항은 무시한다.

[문제 3-iii] 길이가 10 m이고 단면적이 10^{-3} m^2 인 도선의 기준 온도(20°C)에서 비저항값 ρ_0 는 $1.0 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$, 온도 계수 α 는 $6.5 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$ 이다. 온도가 30°C 가 되면 이 도선의 전기 저항 R 은 몇 Ω 인지 구하시오.

[문제 3-iv] 소방차가 40 m/s의 속력으로 500 Hz의 비상 경고음을 울리면서 달리고 있다. 관측자는 소방차와 반대방향으로 60 m/s의 속력으로 소방차를 향하는 자동차에 타고 있다. 자동차 안의 관측자에게 소방차의 비상 경고음 진동수가 몇 Hz로 들리는지 구하시오.

【예시답안】

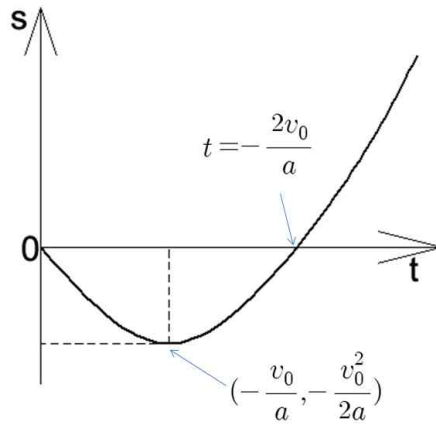
[문제 3-i] 등가속도 운동에서 시간에 따른 이동거리를 $a =$ 양의 상수, $v(t)$ 를 이용하여

$$s(t) \text{를 구하면, 다음과 같다. } v(t) = v_0 + \int_0^t a dt = v_0 + at$$

$$s(t) = \int_0^t v(t) dt = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

단, $v_0 =$ 음의 상수 이다.

여기서 세가지 중요좌표축을 얻고 $s-t$ 그래프를 그려보면 다음과 같다. (1) $t = 0$ 일 때, $s(t=0) = 0$, (2) $-v_0 t = \frac{1}{2} at^2$, 즉 $t = -\frac{2v_0}{a}$ 일 때, $s(t = -\frac{2v_0}{a}) = 0$, 그리고 (3) 이동거리의 미분값(속력)이 0일 경우 이동거리가 최소값($a =$ 양의 상수)임으로, $v_0 + at = 0$, $t = -\frac{v_0}{a}$ 일 때, $s(t = -\frac{v_0}{a}) = -\frac{v_0^2}{2a}$.



[문제 3-ii] 역학적에너지 보존법칙을 이용하면 [그림 a]에서의 위치에너지는 [그림 b]에서 $x = A$ 일때의 용수철의 탄성에너지와 같다. 무게중심간 높이차는 $H - \frac{Q}{2}$ 임으로,

$$Mg(H - \frac{Q}{2}) = \frac{1}{2} k A^2 \text{이다. 따라서, } A = \pm \sqrt{\frac{2Mg(H - \frac{Q}{2})}{k}} \text{ 이나, 압축된 길이는 } +x \text{ 축}$$

$$\text{방향 임으로 } A = \sqrt{\frac{2Mg(H - \frac{Q}{2})}{k}} \text{ 이다.}$$

[문제 3-iii] <제시문 3-1>에서 주어진 식을 이용하여 비저항을 풀어쓰면 $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$ 이다. 따라서 주어진 도선의 전기 저항은 다음과 같다.

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \cdot \frac{L}{A}$$

$$= (1.0 \times 10^{-7}) [1 + 6.5 \times 10^{-3} \cdot (30 - 20)] \cdot \frac{10}{10^{-3}} \Omega$$

$$= 1.065 \times 10^{-3} \Omega$$

[문제 3-iv] 관측자와 음원이 동시에 움직이며 간격이 가까워지기 때문에 <제시문

3-2>에서 나온 식을 합산하면, 관측되는 소리의 진동수는 $f_0 = \left(\frac{v+v_0}{v-v_s}\right)f_s$ 이다. 따라서

$$f_0 = \left(\frac{v+v_0}{v-v_s}\right)f_s = \left(\frac{340+60}{340-40}\right) \cdot 500 \text{ Hz} = 666.7 \text{ Hz} \approx 670 \text{ Hz} .$$

이는 원래 음원의 진동수보다 높게 들림을 알 수 있다.

□ 문제 4

현대 화학에서 중요 물질중 하나인 고분자 화합물의 합성과 물성에 대한 전반적인 이해를 화학1 교과내용 수준에서 평가하고자 하였다. 고분자의 합성 원리를 바탕으로 한 고분자의 화학적 구조의 이해와 고분자 합성 반응에서의 화학양론에 대한 기본적인 이해를 평가하고자 하였다. 또한 고분자의 물성을 해석하기 위해 근본적인 분자간의 상호 작용에 기반 한 논리적 사고 능력에 대해 평가하고자 하였다.

[문제 4-i] 문제에서 제시된 합성 고무는 첨가 중합반응에 의해 합성된다. 고분자의 합성 메커니즘을 알고 있을 경우 단위체의 구조를 예측할 수 있다. 또한 합성된 고분자 구조로부터 생성물 고분자의 양에 대한 단위체의 사용량을 쉽게 계산할 수 있다.

[문제 4-ii] 축합 중합반응은 고분자의 합성과정에서 분자가 반응물로부터 떨어져 나가게 되며 문제에서 제시된 6,6 나일론의 경우 탈수를 통해 축합 반응이 일어난다. 이때 반복되는 고분자 구조의 분자량을 계산하고 해당 몰 수를 바탕으로 탈수를 고려한 사용된 단위체의 양을 계산할 수 있다.

[문제 4-iii] 제시문 4-2에 서술된 바와 같이 고분자 물성은 사슬간의 상호 작용을 이해 함으로서 해석할 수 있다. 폴리펩타이드는 -CONH- 기를 가지고 있고 이들 간에는 쉽게 수소 결합을 형성하게 된다. 사슬형 고분자인 6,6 나일론은 사슬간의 수소결합에 의해 사슬간에 상호작용이 생기고 이것은 섬유강도에 기여하게 된다.

[문제 4] 다음 <제시문 4-1>부터 <제시문 4-4>를 읽고 [문제 4-i]에서 [문제 4-iii]까지 문항별로 답하시오.

<제시문 4-1> 유기 고분자 물질은 많은 물건을 만드는 데 사용된다. 고분자 화합물을 이루는 기본 단위 물질을 단위체라 부른다.

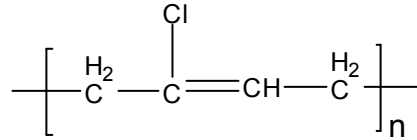
<제시문 4-2> 유기 고분자는 일반적으로 사슬 형태를 가지는 것과 사슬이 이어진 그물 형태를 가지는 것이 있으며 사슬간의 상호 작용은 고분자의 성질에 많은 영향을 준다.

<제시문 4-3> 유기 고분자 사슬의 말단 부분은 반복되는 사슬의 중간 구조와 다른 구조를 가지고 있지만, 일반적으로 유기 고분자는 충분히 큰 분자량을 가지므로 중간 구조와 말단 부분의 구조적 차이는 무시할 만하다.

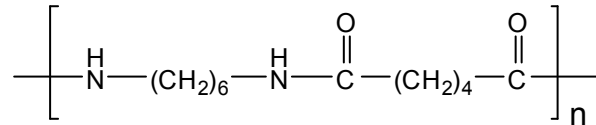
<제시문 4-4> C, H, N, O, Cl의 원자량을 각각 12.0 g/mol, 1.0 g/mol, 14.0 g/mol, 16.0 g/mol, 35.5 g/mol으로 간주한다.

[문제 4-i] 천연 고무와 유사한 성질을 가지는 물질로 다음의 구조식을 가지는 합성 고무가 있다. 첨가 중합반응으로 만들어진 이 고분자 물질의 단위체 구조식을 제시하시오. 또한 이 합성 고무 100 g에 사용된 단위체는 몇 g인지 정수 값으로

답하시오.



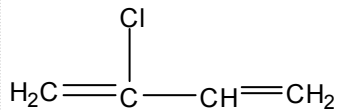
[문제 4-ii] 6,6 나일론은 다음의 구조식을 가지는 고분자 물질이다. 이 고분자는 디카르복시산 단위체인 아디프산과, 헥사메틸렌디아민을 사용하여 만든다. 이 고분자 물질 150 g에 사용된 아디프산은 몇 g인지 정수 값으로 답하시오.



[문제 4-iii] <제시문 4-2>를 참조하여 사슬형태를 가지는 6,6 나일론이 높은 섬유 강도를 보이는 이유를 설명하시오.

【예시답안】

(4-i) 제시된 유기 고분자 합성 고무는 고분자화 반응 중 첨가 중합반응에 의해 만들어지며 단위체는 다음과 같은 구조식을 가진다.



제시된 합성 고무는 단위체간의 첨가 반응에 의해 합성됨으로 100 g의 고분자에 사용된 단위체는 다른 고려없이 **100 g**으로 계산할 수 있다.

(4-ii) 6,6 나일론은 아디프산과 헥사메틸렌디아민 사이의 탈수 축합 중합 반응에 의해 펩타이드 결합의 형성으로 만들어진다. 150 g 나일론에 내포되어 있는 아디프산의 몰 수를 이해하고 반응 과정에 탈수를 고려한 간단한 계산으로 사용된 아디프산의 양을 계산할 수 있다. 우선 고분자 구조식에 나타난 고분자 반복 부분의 화학식량은 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$ 226 g/mol로 계산할 수 있다. 나일론 150 g/226 g/mol 로 아디프산의 몰 수를 계산할 수 있으며 여기에 아디프산의 분자량 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ 146 g/mol을 곱하면 사용된 아디프산을 아래와 같이 구할 수 있다.

$$(\text{고분자 질량, } 150 \text{ g} / \text{고분자 반복 부분의 화학식량, } 226 \text{ g/mol}) * (\text{아디프산 분자량, } 146 \text{ g/mol}) = 96.9 \text{ g} = \mathbf{97 \text{ g}}$$

(4-iii) 제시문에서 설명한 것과 같이 사슬형태를 가지는 고분자 물질은 사슬간의 상호작용은 고분자의 물성에 많은 영향을 준다. 나일론은 기본적으로 폴리펩타이드 형태의 고분자로서 각각의 사슬에 있는 -CONH- 사이에 수소결합, N-H -- O를 통하여 인접 사슬간의 상호 작용이 발생하며 이를 통해 섬유의 강도가 높아진다.

□ 문제5

체내의 항상성은 몸의 모든 기관들과 배설계, 신경계 및 내분비계 등이 협력하여 유지된다. 특히 배설은 유독성 노폐물에 의한 중독증을 방지하고, 체내의 삼투압과 혈압을 유지하는 중요한 기능을 한다. 일상생활에서 접하는 생리적 변화는 인체 내의 항상성을 유지하는 여러 가지 기전에 의하여 변화에 대응하는 생체 반응이 일어난다. 주위 환경이 변하더라도 인체는 거의 일정한 범위에서 생명 유지가 가능하다. 본 문제는 고교 교과과정 생물 I 배설 단원에서 다루는 배설계의 기본 구조와 기능을 이해하고, 이러한 지식을 일상생활에서 접하는 인체 생리적 환경 변화에도 적용하여 이해할 수 있는지 묻고자 하였다. 특히 배설계의 기능이 다양한 생리적 조건에서 항이뇨 호르몬과 알도스테론에 의해 어떻게 조절되는지를 묻는 문제를 출제하였다. 구체적으로는 호르몬의 분비가 삼투압과 혈압/혈액량을 인지하여 조절되는 과정, 호르몬에 의한 생리적 조절 기전, 신장 기능 조절에 의한 오줌의 양 조절, 요소의 형태로 질소노폐물의 배설 의미 등을 문제에 포함하였다.

[문제 5-i]에서 [문제 5-iii]는 신장에서 오줌이 생성되는 과정에서 물과 무기염류의 재흡수가 항이뇨 호르몬과 알도스테론에 의해 조절되는 기전을 정확하게 이해하고 있는지를 평가하기 위한 문제이다.

[문제 5-iv]에서는 요소의 배설은 질소노폐물 제거라는 측면에서는 효율이 떨어지지만 육상 생물에서 중요한 수분의 손실 억제라는 측면에서는 긍정적 효과를 갖는다는 사실을 이해하고 있는지 평가함으로써 배설계가 단순히 노폐물의 배설 뿐 아니라 물과 무기 염류의 평형을 유지하는 중요한 역할을 한다는 것을 이해하고 있는지 확인하고자 하였다.

[문제 5] 다음 <제시문 5-1>부터 <제시문 5-3>, [표], [그림]을 참고하여 [문제 5-i]에서 [문제 5-iv]까지 문항별로 답하십시오.

<제시문 5-1> 체내의 항상성은 몸의 모든 기관들과 배설계, 신경계 및 내분비계 등이 협력하여 유지된다. 특히 배설은 유독성 노폐물에 의한 중독증을 방지하며 체내의 삼투압을 유지하는 기능을 한다.

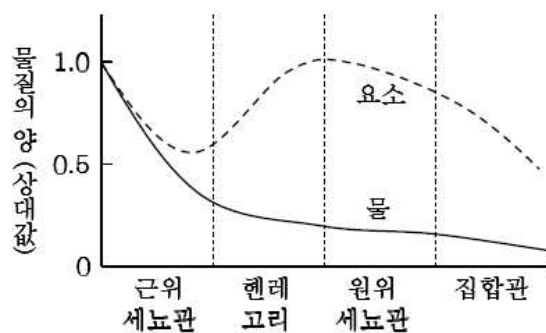
<제시문 5-2> 신장에서 물질의 수송은 ATP를 소모하는 능동 수송, 농도차에 따른 확산과 삼투에 의해 이루어진다. 삼투는 생체막을 사이에 두고 용질의 농도차를 줄이기 위해 물이 이동하는 현상이다.

<제시문 5-3> 뇌하수체 후엽에서 분비되는 항이뇨 호르몬(ADH, 바소프레신이 라고도 함)은 수분의 재흡수를 촉진하고, 부신 피질에서 분비되는 알도스테론은 무기염류의 재흡수를 촉진한다. 이러한 호르몬의 분비는 체내의 생리적 상태에 따라 조절되고, 이에 따라 오줌의 양과 농도가 변한다. 그 결과 체액의 삼투압이 일정하게 유지된다.

[표 1] 혈장, 원뇨 및 오줌의 성분과 농도
(단위: g/100 mL)

물질	혈장	원뇨	오줌
물	90	90	95
단백질	8	-	-
포도당	0.1	0.1	-
아미노산	0.05	0.05	-
요소	0.03	0.03	1.8

[그림 1] 네프론에서 물과 요소의 상대량



다음 보기는 일상생활에서 인체에 일어날 수 있는 생리적 변화 요인들을 나열한 것이다.

<보기>

- a. 다량의 출혈로 인한 총 혈액량 감소 b. 다량의 물을 마심 c. 짠 음식을 과식함 d. 엔지오텐신 전환효소 억제 기능을 가진 고혈압약 복용 e. 음주

[문제 5-i] 위 <보기> 중에서 오줌의 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 오줌의 양이 감소하는지 설명하시오.

[문제 5-ii] 위 <보기> 중에서 혈액에 분비된 알도스테론의 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 알도스테론의 분비가 감소하며, 그 결과 오줌의 양은 어떤 변화를 보이는지 설명하시오.

[문제 5-iii] 위 <보기> 중에서 혈액에 분비된 항이뇨 호르몬(ADH) 양이 평소보다 감소하게 되는 두 가지 요인을 선택하고, 각각의 경우에 어떻게 항이뇨 호르몬의 분비가 감소하며, 그 결과 오줌의 양은 어떤 변화를 보이는지 설명하시오.

[문제 5-iv] 사람의 체내에서 발생하는 질소노폐물은 간에서 요소로 전환되어 신장을 통해서 배출된다. [그림 1]은 네프론의 각 위치에서 분비 및 재흡수에 의한 요소와 물의 상대량을 나타낸다. 요소는 오줌에서 원뇨에 비해 60배 농축되지만([표 1] 참조), 여과된 요소의 약 15% 만이 오줌으로 배설되고 나머지는 재흡수 된다. 집합관에서 요소의 재흡수가 가져오는 긍정적 결과는 무엇인지 설명하고, 만일 농축된 요소가 집합관에서 재흡수 되지 않고 모두 배설된다고 가정하면 오줌의 양에는 어떤 영향을 미칠지 추론하시오.

[예시답안]

[문제 5-i]

출혈로 인한 총 혈액량 감소와 짠 음식을 과식한 경우에 오줌의 양이 감소한다. 출혈로 인해 총 혈액량이 감소하면 신장 내 혈압이 감소하고 이를 신장내의 압력 수용기가 인지하여 레닌 (renin)을 분비한다. 레닌은 앤지오텐신II 생성을 유도하고, 앤지오텐신II는 알도스테론 분비를 촉진한다. 알도스테론은 신장에서 나트륨과 물의 재흡수를 촉진하여 혈압과 혈액량을 증가시킨다. 또한, 혈압과 혈액량의 감소에 의해 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비도 증가한다. 항이뇨 호르몬은 신장에서 물의 재흡수를 증가시킨다. 즉 알도스테론과 항이뇨 호르몬의 증가로 신장에서 물의 재흡수가 증가하면서 오줌의 양은 감소한다.

시상하부에는 삼투수용기(osmoreceptor)가 있어서 혈장과 체액의 삼투압의 변화를 감지한다. 음식을 짜게 먹으면 혈액과 세포외액의 무기염류의 농도가 올라가 삼투압이 증가한다. 이때 항이뇨 호르몬(ADH)이 분비되어 세뇨관에서 수분의 재흡수를 촉진함으로써 세포외액의 삼투압을 낮춘다. 신장에서 수분의 재흡수가 증가하면 오줌의 양이 줄어든다. 그러나 고혈압약 복용, 음주 그리고 물을 많이 마시면 오줌의 양이 증가한다.

[문제 5-ii]

짠 음식을 과식한 경우와 고혈압약을 복용하면 알도스테론의 양이 평소보다 감소한다.

음식을 짜게 먹으면 혈액내의 앤지오텐신II의 양이 감소하고 그 결과 알도스테론의 양도 감소한다. 그 결과 신장에서 염의 재흡수를 억제한다. 앤지오텐신II는 부

신 피질을 자극하여 알도스테론의 분비를 촉진한다. 혈장 엔지오텐신II의 양은 염의 고갈 시 높고, 염의 섭취가 많으면 낮아진다. 알도스테론의 양의 감소는 뇌하수체 전엽에서 ACTH양의 감소에 의해서도 일어난다. 그러나 염의 섭취에 의해 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 늘어나서 물의 재흡수가 증가하여 오줌의 양은 줄어든다.

엔지오텐신 전환효소 억제 기능을 가진 고혈압약을 복용하면 엔지오텐신I에서 엔지오텐신II로의 전환이 억제된다. 엔지오텐신II가 생성되지 못하면 알도스테론이 분비 양이 감소한다. 알도스테론은 Na^+ 를 재흡수하면서 물의 재흡수도 증가시키므로 알도스테론의 감소로 인해 물의 재흡수가 감소하여 오줌의 양이 증가한다.

[문제 5-iii]

다량의 물을 마시거나 음주후에 항이뇨 호르몬의 양이 평소보다 감소한다.

다량의 물을 마시면 세포 외액의 삼투압이 감소하고 이는 시상하부에 존재하는 삼투수용기에 의해 감지되어 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비가 감소한다. 그 결과 신장에서 항이뇨 호르몬에 의한 물의 재흡수가 감소하면 체액의 삼투압은 높아지고 오줌의 양은 늘어난다.

알코올의 섭취는 항이뇨 호르몬의 분비를 억제한다. 따라서 오줌의 양은 늘어난다.

[문제 5-iv]

네프론의 집합관에서 요소의 농도차에 의한 확산에 의한 재흡수가 증가하면 네프론 수질의 삼투압이 증가한다. 따라서 물의 재흡수 증가하고, 그 결과 오줌의 양을 줄이고 수분 손실을 줄이는 효과를 가져온다.

만일 집합관에서 요소의 재흡수가 일어나지 않으면 신장 수질의 삼투압이 감소하여 물의 재흡수가 감소함으로써 평소보다 오줌의 양이 증가한다. 따라서 요소의 배설량이 증가하면 질소노폐물 배설의 측면에서는 효율이 높아지지만 수분의 손실 측면에서는 단점을 갖는다.