

# 논술 (자연 A)

※주의사항 : 문제 1은 필수로 풀고 문제 2, 3, 4 중 한 문제를 선택해서 답안을 작성하시오.

## 문제 1: 수학 (필수)

(가)

그림 1에서와 같이 부등식  $y \leq |x|$ 의 영역에서 원  $x^2 + y^2 = 1$ 과 내접하고  $y = |x|$ 와 한 점에서 만나는 원의 중심을  $D$ 라 하자.

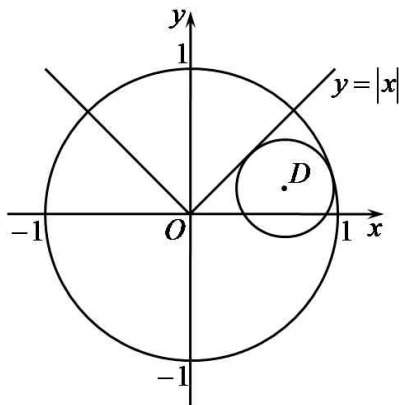


그림 1.

(나)

그림 2에서와 같이 점  $A(t, t^2)$ 가 곡선  $y = x^2$  위를 움직일 때 점  $A$ 에서 이 곡선과 접하고  $x$ 축과 점  $B$ 에서 접하는 원의 중심을  $C(x, y)$ 라 하고 중심  $C$ 의 자취를 매개변수로 나타내면  $x = f(t)$ ,  $y = g(t)$ 가 된다고 하자.

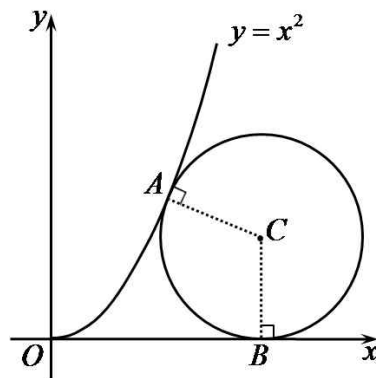


그림 2.

(다)

좌표평면 위의 원점  $O$ 와 세 점  $A_1(1, 0)$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ 이 다음 조건을 만족한다.

- (㉠) 점  $A_2$ 는 2사분면에 있고 점  $A_3$ 은 3사분면에 있다.
- (㉡)  $\angle A_1OA_2 = \alpha$ ,  $\angle A_2OA_3 = \beta$ ,  $\angle A_3OA_1 = \alpha$ 이다.
- (㉢)  $|\overrightarrow{OA_2}| = |\overrightarrow{OA_3}| = \frac{1}{\sqrt{3}}$

좌표평면에서 부등식  $y \geq 0$ 의 영역을 원점을 중심으로  $\theta$ 만큼 회전이동시켜서 얻어진 영역을  $H_\theta$ 라 하고 위치벡터  $\overrightarrow{OA_1}$ ,  $\overrightarrow{OA_2}$ ,  $\overrightarrow{OA_3}$  중에서  $H_\theta$ 에 포함되는 벡터들의 합의 크기를  $L(\theta)$ 라 하자.

- 
- (a) 제시문 (가)에서 점  $D$ 의 좌표를  $(x, y)$ 라 할 때  $(x, y)$ 가 만족시키는 방정식을 구하시오.
- (b) 제시문 (나)의 매개변수에 의해서 나타내어지는 함수  $x=f(t)$ ,  $y=g(t)$ 를 구하시오. (단,  $t > 0$ )
- (c) 문제 (b)에서의 두 함수  $x=f(t)$ ,  $y=g(t)$ 가  $t=0$ 에서 연속이기 위한 함수값  $f(0)$ 과  $g(0)$ 을 각각 구하고 이때 적분값  $\int_0^1 f(t) dt$ 을 구하시오.
- (d) 제시문 (다)의 함수  $L(\theta)$ 를 구하시오. (단,  $0 < \theta \leq 2\pi$ )
- (e) 제시문 (다)의 함수  $L(\theta)$ 의 최댓값을 가장 작게 만드는 모든  $\alpha, \beta$ 에 대하여 점  $(\cos \alpha, \cos \beta)$ 를 좌표평면 위에 나타내시오.

**문제 2: 물리 (선택)**

(가)

물체가 충돌할 경우 일반적으로 비탄성충돌로 인해 에너지를 잃어버린다. 그림 1에서 질량이  $m$ 인 물체  $A$ 가 수평방향으로 초기 속도  $v_0$ 로 오른쪽으로 움직이다가 정지하고 있는 질량이  $2m$ 인 물체  $B$ 와 탄성충돌을 한다. 물체  $B$ 는 탄성충돌을 한 후 중력에 의해 아래쪽으로 힘을 받아 두 벽을 번갈아 부딪치며 아래쪽으로 움직이고 벽과 차례로  $P_1, P_2, P_3, \dots$  지점들에서 충돌을 한다. 벽과 충돌할 때마다 물체  $B$ 의 수평방향의 속력은  $\alpha$ 배가 되고( $0 < \alpha \leq 1$ ) 충돌로 인한 수직방향의 속도 변화는 없다고 하자. 중력가속도는  $g$ , 두 벽간의 거리는  $\ell$ 이고, 물체의 크기와 공기저항 및 마찰은 무시한다.

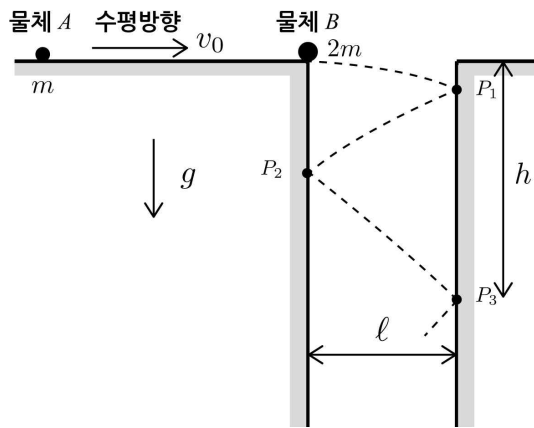


그림 1.

(나)

도체 내부의 자유전자는 열에너지에 의해 매우 빠르게 움직이지만 원자와 반복적으로 충돌하면서 운동 에너지의 일부를 잃게 되고 무질서한 충돌로 인해 전체적인 전류는 0이 된다. 외부에서 전압을 걸어주면 자유전자는 힘을 받아 한쪽 방향으로 가속되지만 무질서한 충돌이 병행되면서 자유전자의 평균 속도의 크기는 매우 작아져 1 mm를 이동하는데 수 초나 걸린다.

◎ 제시문 (가), (나)를 읽고 아래 물음에 답하시오.

- (a) 물체  $A$ 와 충돌 직후 물체  $B$ 의 속력  $v_1$ 을 구하시오. 물체  $B$ 가 충돌 후 지점  $P_1$ 에 부딪힐 때까지 걸린 시간  $t_1$ 을 구하시오.
- (b) 물체  $B$ 와 오른쪽 벽의 두 번째 충돌은 깊이  $h$ 인 지점  $P_3$ 에서 일어났다. 오른쪽 벽에 처음 두 번의 충돌로 전달되는 총 운동량은 어떻게 되는가? 또한 초기 속력  $v_0$ 을  $h$  및  $\ell$ 로 나타내시오.
- (c) 충돌 횟수가 증가함에 따라 물체  $B$ 의 속력은 어떻게 변하는지 정량적으로 논술하시오.
- (d) 제시문 (나)에서 전류가 흐르는 도체 내부의 자유전자 이동과 제시문 (가)에 기술된 물체  $B$ 의 운동에는 유사점과 차이점이 있다. 이에 대하여 논술하시오.
- (e) 자유전자의 평균 속도의 크기가 매우 작음에도 불구하고 스위치를 올리면 전등이 즉시 켜지는 이유는 무엇인가?

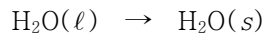
### 문제 3: 화학 (선택)

(가)

화학자들은  $A + B \rightarrow C + D$  와 같은 화학 반응식으로 묘사할 수 있는 화합물의 변환 및 이들 간의 평형에 관심을 가진다. 어떤 화학반응이 자발적인지 아닌지는 자유에너지의 변화  $\Delta G$ 에 의해 결정되므로, 화학자가 새로운 반응을 고안할 때  $\Delta G$ 의 크기와 부호를 미리 아는 것이 중요하다. 예를 들어, 니켈(Ni) 금속은  $50^\circ\text{C}$ 에서는 일산화탄소(CO)와 반응하여 자발적으로  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 를 형성하는데,  $126.8^\circ\text{C}$ (절대 온도 400 K)에서 반응의  $\Delta G$ 가 0이 되므로 이  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 의 형성 반응은  $126.8^\circ\text{C}$  미만에서만 진행시켜야 한다.

(나)

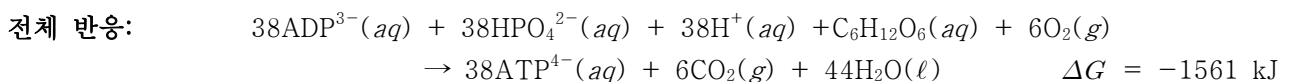
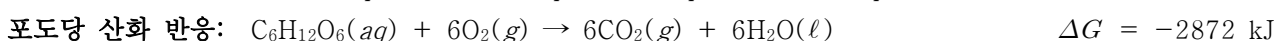
물질의 상태 변화는 자유에너지의 변화  $\Delta G$ , 엔탈피의 변화  $\Delta H$ , 엔트로피의 변화  $\Delta S$ , 평형상수  $K$  값들의 크기와 부호를 고려하면 쉽게 이해되는 경우가 많다. 예를 들어, 1기압에서 액체 상태인 물은  $0^\circ\text{C}$  이하로 온도를 낮추면 아래 반응식에 따라 고체 상태인 얼음이 된다.



이 반응의  $\Delta H$ 와  $\Delta S$ 는 모두 음수이고, 온도가 낮아짐에 따라 음의  $\Delta G$ 는 그 절대값이 점점 더 커지게 된다.

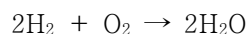
(다)

자유에너지의 변화  $\Delta G$ 가 양인 반응의 경우에도 음의  $\Delta G$ 를 지니는 다른 반응과 짝을 지음으로써 원하는 반응이 일어나게 유도할 수 있다. 예를 들면, 생체의 에너지 저장 분자인 ATP가 ADP로부터 생성되는 반응의  $\Delta G$ 의 부호는 양이므로 자발적으로 일어나지 않는다. 그러나 이 반응을 자발적인 생체 내 포도당의 산화 반응과 짝을 지으면 포도당 한 분자의 산화를 이용하여 38개의 ATP 분자를 생성할 수 있다.



(라)

상온에서 수소분자는 산소분자와 자발적으로 반응하여 물 분자를 만든다.



이 반응의 역반응인 물 분해 반응은 당연히 상온에서 비자발적이다. 현재 수많은 화학자들이 태양광에너지를 이용하여 물을 분해하고 수소를 얻는 새로운 기술을 개발하고 있다. 이 새로운 기술은 식물이 태양광에너지를 이용하여 이산화탄소와 물로부터 포도당을 합성하는 광합성을 모방한 것이다.

◎ 제시문 (가), (나)를 읽고 논술하시오.

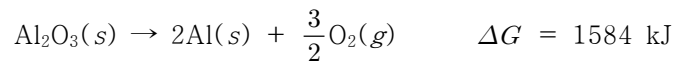
(a) 제시문 (나)에서 언급된 반응의  $\Delta H$ 와  $\Delta S$ 가 모두 음수인 이유를 설명하시오.

(b) 제시문 (나)에서 언급된 반응의 경우 온도가 낮아짐에 따라  $\Delta G$ 의 절대값이 더 커지는 이유를  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  간의 관계를 이용하여 논술하시오. 이 반응의  $\Delta H$ 와  $\Delta S$ 는 온도의 변화에 영향을 받지 않는다고 가정하시오.

(c) 제시문 (가)에서 언급된 반응  $\text{Ni}(s) + 4\text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{CO})_4(g)$  에서  $\Delta H$ 의 절대값이 160 kJ로 측정되었다. 이 반응의  $\Delta H$ 와  $\Delta S$ 는 온도의 변화에 영향을 받지 않는다고 가정하고, 226.8°C(절대 온도 500 K)에서의  $\Delta G$ 의 값을 구하시오( $\Delta H$ 의 부호에 유의하시오).

◎ 제시문 (가), (다), (라)를 읽고 논술하시오.

(d) 알루미늄(Al)은 상온에서 산소와 반응하여 순식간에 산화알루미늄( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )을 형성한다. 그 역반응은 양의  $\Delta G$  값을 가지므로 자발적이지 않다.



제시문 (다)의 예와 같이 위의 알루미늄(Al) 산화 반응과 아래의 반응을 짝을 지어, 산화알루미늄( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )과 탄소(C)를 반응시켜 금속 알루미늄(Al)을 생성하는 것이 가능한지 논술하시오.



(e) 제시문 (라)에서 태양광에너지는 물 분해 반응이 상온에서 자발적으로 일어나게 하는데 중요한 역할을 한다. 태양광에너지의 유무가 물 분해 반응에 끼치는 영향을 열역학적 관점에서( $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  간의 관계를 이용하여) 간단히 논술하시오.

**문제 4: 생명과학 (선택)**

(가)

K군과 U양은 생태계 조사를 위해 각각 숲과 바다로 떠났다. K군은 조사지에서 식물 군집이 지표면으로부터 몇 개의 수직적인 층으로 구성되어 있는 것을 발견했다(그림 1). 맨 위의 교목층에는 100%에 가까운 태양 빛이 도달했으나 가장 아래의 초본층에는 거의 빛이 도달하지 않았다. 따라서 K군은 가장 아래 층에는 음지식물이 우점종일 것이라고 판단했다. 한편 U양이 해양 생태계를 조사해보니 해조류가 수심에 따라서 수직적인 분포를 하고 있는 것을 발견했다. 해수면에 가장 가까운 곳에서부터 깊은 곳의 순서대로 녹조류, 갈조류, 홍조류가 주로 분포하고 있었다(그림 2).

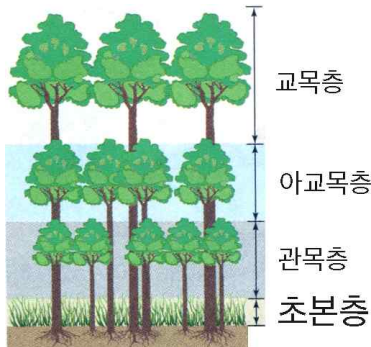


그림 1. 식물 군집의 층상구조  
(EBS 교재에서 인용)

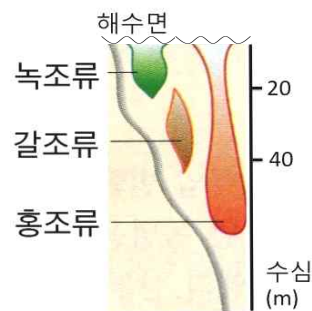


그림 2. 수심에 따른 해조류의 분포  
(EBS 교재에서 인용)

(나)

생태계를 구성하는 환경 요인은 생물적 요인과 비생물적 요인으로 나눌 수 있다. 생물적 요인이란 생태계 내에 존재하는 동물, 식물, 미생물 등의 생물이며, 이들의 영양 단계에 따라서 생산자부터 3차 소비자까지 나눌 수 있다. 각 단계에 속하는 생물의 개체 수, 생체량, 에너지량을 하위 영양단계에서부터 상위 영양단계의 순서대로 쌓아 올린 것을 생태 피라미드라고 한다. 이 생태 피라미드의 모양은 환경에 따라 다양하게 나타난다.

(다)

식물 세포의 세포 소기관인 엽록체는 태양의 빛 에너지를 화학 에너지로 전환하는 과정(광합성)을 담당한다. 광합성은 빛이 있을 때 일어나는 과정(명반응)과 빛이 없을 때 일어나는 과정(암반응)으로 나눌 수 있다. 명반응에서는 물이 광분해되어 산소가 발생되고, 빛을 받은 색소로부터 고에너지 전자가 방출된다. 암반응에서는 명반응에서 만들어진 산물을 이용하여 탄소를 고정한다. 엽록체는 생태계에 공급되는 빛 에너지를 유기물로 바꾸어 생태계를 유지하는 역할을 한다.

(라)

사람을 둘러싼 환경 요인은 지속적으로 변한다. 그래서 사람은 몸의 외부 혹은 내부의 변화에 대해 내부 환경을 일정하게 유지하려는 성질(항상성)을 갖는다. 항상성의 조절은 신경계와 호르몬의 작용에 의해 일어난다. 신경계는 일정한 방향으로 자극을 전달하는 특성을 갖고 있다. 호르몬은 특정한 조절 중추에서 만들어지고 표적 기관에 작용한다. 신경계는 비교적 신속하게 근육과 내분비샘에 신호를 전달하지만, 호르몬은 이보다 느리게 표적기관에 신호를 전달한다.

**(마)**

수정란으로부터 개체가 발생하는 과정에서 구조와 기능이 특수화된 세포들이 만들어지는 과정을 분화라고 한다. 사람의 경우 난자와 정자가 만나서 형성된 수정란은 세포 분열을 거듭하면서 단순히 세포 개수만 늘어나는 것이 아니라 특수한 기능을 수행하는 다양한 세포와 기관이 형성된다.

- (a) 제시문 (가)의 K군이 발견한 식물 군집에서 음지 식물은 양지식물에 비해 약한 빛에서도 효율적인 광합성을 한다. 이를 위해 어떤 차별화된 전략을 사용할 것인지 설명하시오(단, 양엽, 음엽의 구조적 차이는 제외하시오). 또한 U양이 발견한 생태계에서 수심에 따라 해조류 우점종이 달라지는 이유가 무엇인지 설명하시오.
- (b) 제시문 (가)와 (나)를 참조하여 U양이 연구한 해양 생태계의 생태 피라미드 모양은 삼림 생태계의 생태 피라미드 모양과 비교했을 때 생체량( $g/m^2$ )에서 어떤 차이점이 있는지 설명하시오.
- (c) 제시문 (다)에 설명되어 있는 광합성의 두 반응은 서로 밀접하게 연결되어 있다. 암반응이 이용하는 산물은 명반응내의 '비순환적 전자 흐름'과 '순환적 전자 흐름'을 거치면서 만들어진다. '비순환적 전자 흐름'에서 만들어지는 산물 중 암반응이 이용하는 산물에 대해서 설명하시오. 또한 '순환적 전자 흐름'에서 방출된 전자는 어떤 경로를 거쳐서 순환되는지 그림을 그려 간단히 설명하시오.
- (d) 사람의 체온이 일정하게 유지되는 현상은 제시문 (라)에서 언급한 항상성 유지의 사례이다. 추울 때 체온을 올리기 위한 우리 몸의 호르몬 조절기작 가운데 갑상샘이 관여하는 경로에 대해서 설명하시오.
- (e) 제시문 (마)에서 언급한 분화의 과정에서 분화가 정상적으로 이뤄지기 위해서는 유전자 발현이 선택적으로 일어나야 하며 정교하게 조절되어야 한다. 유전자의 선택적 발현에 의해서 분화가 조절되는 기작을 근육 세포의 분화 또는 초파리 눈의 기관형성을 예로 들어 설명하시오.
- (f) 유전자의 정교한 발현을 위해서 전사인자가 그 유전자의 프로모터에서부터 수천 염기쌍 정도 멀리 떨어진 서열에 결합하는 경우도 있다. 이 서열은 무엇인지 쓰고, 이 서열이 어떻게 유전자 발현에 영향을 미치는지 조절 기작을 설명하시오.