



수학 1

다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [수학 1-i] ~ [수학 1-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하십시오.

<제시문 1>

초기항이 $a_1 = 1$ 이고 공차가 1인 등차수열 $\{a_i\}$ 의 처음 n 개 항의 합은 $\sum_{i=1}^n a_i = \frac{n(n+1)}{2}$ 이다.

<제시문 2>

자연수 n 에 대하여, 좌표평면 위에 격자점의 집합 P_n 과 S_n 을 다음과 같이 정의한다.

$$P_n = \{(x, y) \mid 0 \leq x, y \leq n \text{ 이고, } x \text{와 } y \text{는 정수}\}$$

$$S_n = \{(x, y) \in P_n \mid x \leq 3y \leq 9x\}$$

<제시문 3>

자연수 k 에 대하여, k 차 다항식 $p(x)$ 와 $q(x)$ 의 최고차 항의 계수를 각각 a 와 b 라 할 때, 극한 $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{p(x)}{q(x)}$ 의 값은 $\frac{a}{b}$ 이다.

수학 1-i

<제시문 2>에서 $n=3$ 일 때, 집합 P_3 과 S_3 의 원소의 개수를 각각 구하고, 그 이유를 논하십시오.

수학 1-ii

자연수 n 이 3의 배수일 때, 집합 S_n 의 원소의 개수를 n 에 대한 함수로 표현하고 그 이유를 논하십시오.

수학 1-iii

극한 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(S_n \text{의 원소의 개수})}{(P_n \text{의 원소의 개수})}$ 의 값을 구하고, 그 이유를 논하십시오.

수학 2

다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [수학 2-i] ~ [수학 2-iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하십시오.

<제시문 1>

좌표공간에서 중심이 원점이고 반지름이 1인 구 A 의 부피는 $\frac{4}{3}\pi$ 이다.

<제시문 2>

닫힌 구간 $[a, b]$ 의 임의의 점 x 에서 입체도형을 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면의 넓이가 $S(x)$ 이고, 함수 $S(x)$ 가 닫힌 구간 $[a, b]$ 에서 연속일 때, 이 입체도형의 부피는 $\int_a^b S(x) dx$ 로 주어진다.

<제시문 3>

3이상인 자연수 n 에 대하여, <제시문 1>의 구 A 의 내부에 입체도형 V_n 이 놓여있다. 열린 구간 $(-1, 1)$ 의 임의의 점 x 에서 V_n 을 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면은, 구 A 를 자른 단면에 내접하는 정 n 각형이다. $x=-1$ 또는 $x=1$ 일 때의 V_n 의 단면은 각각 점 $(-1, 0, 0)$ 과 $(1, 0, 0)$ 이라고 한다.

수학 2-i

반지름이 r 인 원에 내접하는 정 n 각형의 넓이를 n 과 r 에 관한 식으로 표현하고, 그 이유를 논하십시오.

수학 2-ii

<제시문 3>의 입체도형 V_n 의 부피를 n 에 관한 식으로 표현하고, 그 이유를 논하십시오.

수학 2-iii

n 이 무한대로 갈 때, 입체도형 V_n 의 부피의 극한값을 구하고 그 이유를 논하십시오.

물리 I 다음 <제시문 1> ~ <제시문 2>를 읽고 [물리 I-i] ~ [물리 I-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

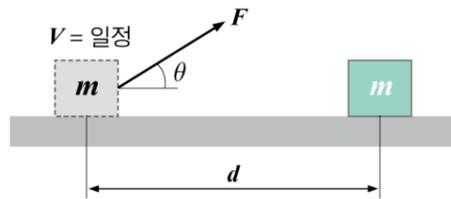
힘은 물체의 모양을 변화시키거나, 정지한 물체를 움직이게 하거나, 움직이는 물체를 멈추게 하고, 움직이는 물체의 방향이나 빠르기를 변화시키는 물리량을 뜻한다. 힘의 종류로는 중력, 전자기력, 탄성력, 마찰력, 수직항력 등이 있다.

<제시문 2>

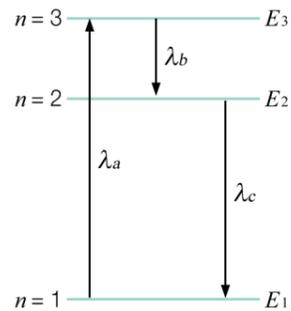
전자가 에너지 준위 사이로 이동하는 것을 전이라고 한다. 일반적으로 에너지 준위 E_m 에 있던 전자가 E_n 으로 전이 될 때 나오는 빛의 진동수 f 는 다음과 같이 쓸 수 있다. $hf = E_m - E_n$ (h 는 플랑크 상수이고, $E_m > E_n$ 이다.)

물리 I-i

아래 그림과 같이 마찰이 있는 수평면 위에 질량이 m 인 물체를 놓고 수평면과 θ 각을 가지는 방향으로 힘 F 를 가하면서 물체를 등속으로 거리 d 만큼 끌고 갔다. (여기서, 중력가속도는 g 로 나타낸다.)



- (가) 물체에 가한 힘이 한 일은 얼마인가?
- (나) 물체가 수평면으로부터 받는 수직 항력이 한 일은 얼마인지 구하고, 그 이유를 논하시오.
- (다) 마찰력이 물체에 한 일은 얼마이며, 물체와 수평면 사이의 운동 마찰계수는 얼마인가? (여기서 운동마찰계수는 마찰력에서 수직 항력으로 나눈 값으로 정의 된다.)



물리 I-ii

오른쪽 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 에너지 준위를 나타낸 것이다. 양자수 n 에 따른 에너지는 $E_n = -\frac{A}{n^2}$ 이다(단, A 는 양의 상수). 전자가 $n=1$ 인 상태에서 진동수 및 파장이 각각 f_a, λ_a 인 빛을 흡수하여 $n=3$ 인 상태로 전이하였다. 이후 진동수 및 파장이 f_b, λ_b 와 f_c, λ_c 인 빛을 방출하면서 각각 $n=2$ 와 $n=1$ 인 상태로 전이하는 것을 나타낸 것이다.

- (가) 진동수 f_a 를 f_b 와 f_c 를 이용하여 표시하시오. 또한 파장 λ_a 를 λ_b 와 λ_c 를 이용하여 표시하고, 그 이유를 논하시오.
- (나) 파장 크기의 비 $\frac{\lambda_b}{\lambda_c}$ 를 숫자로 나타내고, 그 근거를 제시하시오.

물리 II 다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [물리 II-i] ~ [물리 II-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

중력은 질량을 가진 물체 사이에 작용하는 상호 작용으로, 질량이 양의 값을 가지므로 항상 인력으로서만 존재한다.

<제시문 2>

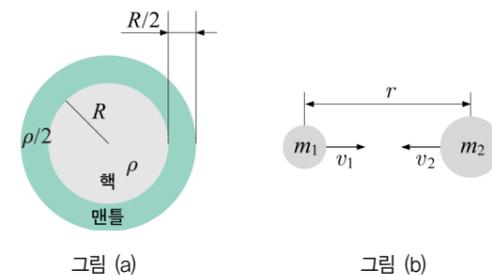
질량이 m 인 물체가 속력 v 로 운동할 경우, 이 물체의 운동량과 운동에너지는 각각 mv 와 $\frac{1}{2}mv^2$ 로 정의 된다. 또한 질량이 각각 m_1 과 m_2 인 두 물체가 거리 r 만큼 떨어져 있을 경우, 중력에 의한 위치에너지는 일반적으로 $-G\frac{m_1m_2}{r}$ 로 나타낼 수 있다 (이때, G 는 만유인력 상수이다).

<제시문 3>

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.

물리 II-i

- (가) 아래 그림 (a)와 같이, 핵과 맨틀로 이루어져 있는 외계 행성이 있다. 이때 핵의 반지름과 밀도는 각각 R, ρ , 그리고 맨틀의 두께와 밀도는 각각 $\frac{R}{2}, \frac{\rho}{2}$ 로 알려져 있다. 만유인력 상수를 G 라고 할 때, 핵과 맨틀의 경계면에서의 중력 가속도를 g_1 , 맨틀 표면에서의 중력 가속도를 g_2 라고 할 때, 중력 가속도의 비 $\frac{g_1}{g_2}$ 를 숫자로 나타내고, 그 근거를 제시하시오.
- (나) 아래 그림 (b)와 같이, 처음에 무한히 떨어져 정지하고 있던 질량이 m_1, m_2 인 두 물체가 중력에 의해 서로 접근하고 있다. 어떤 순간 두 물체 사이의 거리가 r 이 될 때, 두 물체 각각의 속도는 v_1, v_2 이다. 이때 두 물체의 상대 속도의 크기는 얼마인지 구하고, 그 근거를 제시하시오.



물리 II-ii

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 구하고, 그 근거를 논하시오.

화학 I 다음 <제시문 1> ~ <제시문 4>을 읽고 [화학 I-i]과 [화학 I-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

원자에 에너지를 가하면 가장 바깥 전자껍질에 배치되어 있는 원자가 전자가 원자핵으로부터 떨어져 나오게 된다. 기체 상태의 중성 원자 1개로부터 전자 1개를 무한히 먼 거리로 떼어 내는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 한다. 전자를 1개 이상 떼어 낼 경우 첫 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제1 이온화 에너지(E_1), 두 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 에너지를 제2 이온화 에너지(E_2)라고 한다.

<제시문 2>

바닥상태의 원자는 에너지 준위가 가장 낮은 오비탈부터 전자가 채워지고, 그 오비탈이 완전히 채워지면 다음으로 에너지 준위가 높은 오비탈에 전자가 채워지는 전자 쌍을 원리로 전자가 배치된다.

<제시문 3>

탄소로만 구성된 여러 가지 물질은 탄소 원자(C) 사이의 결합 형태에 따라 다양한 구조를 나타내고, 그 구조에는 대칭성과 규칙성이 있다. 흑연은 탄소 원자 1개에 3개의 탄소 원자가 평면에서 정육각형 모양으로 결합한 층상 구조의 물질이다. 다이아몬드는 4개의 탄소 원자가 정사면체 모양으로 강하게 결합한 그물 구조의 물질이다.

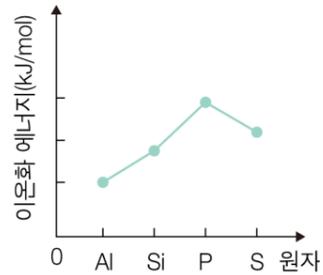
<제시문 4>

화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어나도 반응 전후 원자는 새로 생겨나거나 없어지지 않으며, 반응 물질의 원자 수 총합과 생성 물질의 원자 수 총합이 같은 것을 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다.

화학 I-i

다음은 3주기 13족~16족 바닥상태 원자 Al, Si, P, S의 제1 이온화 에너지(E_1) 변화를 나타낸 그래프이다.

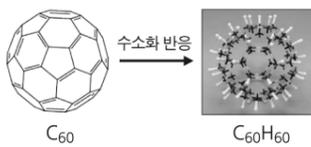
- (가) 제1 이온화 에너지(E_1)가 증가하다가 감소하는 이유를 원자의 전자 배치를 이용하여 논하시오.
- (나) 이들 원자의 제2 이온화 에너지(E_2) 크기를 예측하여 옆과 같은 형태의 그래프를 제시하고, 그 이유를 논하시오.



화학 I-ii

그림은 C_{60} 와, C_{60} 을 수소화 반응을 시켜 합성한 $C_{60}H_{60}$ 의 분자 모형을 나타낸 것이다.(원자량은 H:1, C:12, O:16이다.)

- (가) 12g의 C_{60} 을 완전 연소 시키기 위해 필요한 산소의 질량을 논리적으로 논하시오.
- (나) C_{60} 와, $C_{60}H_{60}$ 의 전기 전도도를 예측, 비교하여 논하시오.



화학 II 다음 <제시문 1> ~ <제시문 4>을 읽고 [화학 II-i]과 [화학 II-ii]를 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

엔트로피 변화(ΔS)는 최종 상태의 엔트로피($S_{최종}$)에서 최초 상태의 엔트로피($S_{최초}$)를 뺀 값으로 나타낸다. 즉 $\Delta S = S_{최종} - S_{최초}$ 이다.

<제시문 2>

화학 반응에서 엔탈피 변화의 크기는 두 원자 사이의 결합이 끊어질 때 흡수하는 에너지 또는 결합이 형성될 때 방출하는 에너지와 매우 밀접한 관계가 있다. 공유 결합을 이루고 있는 두 원자 사이의 결합 1몰을 끊는 데 필요한 에너지를 결합 에너지라고 한다. 다음은 몇 가지 원자 사이의 결합 에너지 근사치 값을 나타낸 것이다.

결합	H-H	N-H	N-N	N=N	N≡N
결합 에너지(kJ/mol)	450	400	160	410	950

<제시문 3>

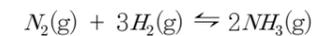
농도를 모르는 일정한 부피의 산에 염기의 표준 용액을 조금씩 넣어 완전히 중화시키는 데 필요한 염기의 부피를 측정하면 산 수용액의 농도를 구할 수 있다. 이와 같이 중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다.

<제시문 4>

물의 이온곱 상수는 25°C에서 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다.

화학 II-i

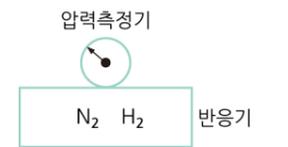
질소와 수소가 반응하여 암모니아를 합성하는 화학 반응식은 다음과 같이 주어진다.



표준 조건에서 반응물과 생성물의 엔트로피는 다음과 같다.

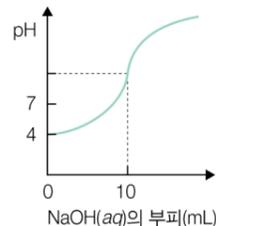
	$N_2(g)$	$H_2(g)$	$NH_3(g)$
$S^\circ (J/K \cdot mol)$	190	130	190

- (가) 25°C에서 암모니아 합성 반응의 자발성에 대하여 논하시오.
- (나) 온도와 압력이 암모니아 합성 반응의 평형에 미치는 효과를 논하시오.
- (다) 아래 그림과 같이 특정 부피의 반응기에 N_2 4몰과 H_2 를 10몰을 넣고 반응을 진행 시켜 평형에 도달했을 때, 용기 속에서 NH_3 가 4몰이 형성되었음을 알았다. 평형에서 반응기의 압력이 P로 측정되었을 때, NH_3 의 분압이 얼마인지 논하시오.



화학 II-ii

그림은 25°C에서 산 HA 수용액 20 mL를 0.2 M NaOH 수용액으로 적정할 때의 중화 적정 곡선을 나타낸 것이다. 산 HA의 이온화 상수(K_a) 값을 논하시오.



생명과학 I

다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [생명과학 I - i] ~ [생명과학 I - iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

사람의 경우에는 완두나 초파리와는 달리 한 세대가 길고, 임의로 교배가 불가능하며, 형질이 뚜렷하지 않은 것이 많아 유전 연구에 어려움이 많기 때문에 사람의 유전 연구에는 가계도 조사, 쌍둥이 연구와 같은 간접적인 방법이 사용된다. 가계도에는 성별, 형질발현 유무, 혈연 및 결혼 관계 등을 나타내며, 가계도를 분석하여 어떤 특정한 형질이 가계에 어떻게 나타나는지를 알 수 있다. 아래의 헌팅턴 무도병에 대한 가계도에서 남자는 네모, 여자는 원으로 표시하고 특정 질병에 대한 형질이 발현된 경우는 원 또는 네모 안쪽을 까맣게 나타내었다. 각 세대는 로마 숫자로 I부터 IV로 표시하였고, 한 세대에서 각 사람은 아라비아 숫자로 표시하였다.

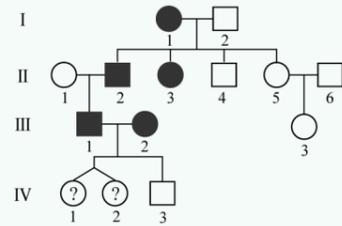


그림. 헌팅턴 무도병에 대한 가계도

<제시문 2>

헌팅턴 무도병은 헌팅턴 유전자의 변이에 의해 발생한다. 헌팅턴 유전자의 뉴클레오타이드 중 CAG가 반복되는 횟수에 따라 질병 발생 유무가 결정된다. CAG 뉴클레오타이드는 아미노산 글루타민을 암호화하며, 헌팅틴단백질을 구성하는 아미노산 서열에 글루타민이 60번 이상 반복되면 젊은 나이에 사망할 확률이 높다. 글루타민이 40-50번 정도 반복되면 나이가 들어가면서 서서히 증상이 나타난다. 오른쪽 헌팅턴 무도병 가계도에서 제 III세대, 1번 남자는 30대에 사망하였고, 제 III세대 2번 여자는 50대 후반에 사망하였다. 제 III세대, 2번 여자가 남편과의 사이에 난 아들 (IV세대, 3번 남자)은 정상이다.

<제시문 3>

DNA 복제는 두 가닥의 사슬 중 하나는 보존되고 나머지 한 가닥의 사슬을 새로 합성하는 반보존적 형태로 일어나며, DNA 중합 효소에 의해 이루어진다. 중합효소 연쇄반응 (Polymerase Chain Reaction, PCR)은 DNA의 원하는 부분을 증폭시키는 기술로서 높은 온도에서 활성을 가지는 DNA 중합 효소를 이용한다. PCR은 DNA 변성, 프라이머와 DNA 결합, DNA 절편 복제 과정을 반복함으로써 DNA 절편을 빠른 시간에 증폭할 수 있다.

생명과학 I - i

헌팅턴 무도병이 우성/열성, 상염색체/성염색체에 의한 유전 중 어디에 속하는지 위에서 제시한 헌팅턴 무도병 가계도에서 근거를 제시하여 설명하시오.

생명과학 I - ii

위 가계도에서 제 III세대 1번과 2번 사람에게서 헌팅턴 무도병의 증상이 나타나는 나이와 유전자 변이와의 상관관계를 분석하기 위하여 아래와 같이 3가지 실험 방법이 제시 되었다.

1. 염색체 핵형 분석 2. 염색체 전체 염기서열 분석 방법
3. PCR 증폭과 증폭된 DNA 크기 확인 방법

위 3가지 실험 방법 중 가장 적절한 방법 한 가지를 선택하여 실험할 경우 제 III세대 1번과 2번 사람의 결과가 어떻게 나올지 <제시문 2>와 <제시문 3>을 참고하여 기술하시오. 또한 나머지 두 가지 방법은 어떤 점에서 적절하지 않은지 설명하시오.

생명과학 I - iii

<제시문 2>에서 설명한 내용을 참고하여 제 IV세대 1번과 2번 여성 모두 50세까지 생존할 확률은 얼마인지 설명하시오. (단, 부모로부터 물려받은 유전자 외에 다른 돌연변이는 일어나지 않았다.)

생명과학 II

다음 <제시문 1> ~ <제시문 3>을 읽고 [생명과학 II - i] ~ [생명과학 II - iii]을 문항별로 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 1>

미토콘드리아는 두 겹의 막으로 둘러싸여 있으며 내막은 안쪽으로 주름이 저있는데 ATP를 생산하는 데 필요한 여러 가지 막 단백질이 분포한다. 내막으로 둘러싸인 안쪽 공간은 미토콘드리아 기질에 해당하는데 이곳에는 세포 호흡에 관여하는 여러 가지 효소가 존재한다. 또한 기질에는 미토콘드리아 고유의 DNA와 리보솜이 있다. 세포를 관찰한 결과 미토콘드리아는 세포 내부를 돌아다니며, 융합과 분열을 하는 등 세포 내에서 역동적으로 움직일 수 있다.

<제시문 2>

수동 수송은 물질이 세포막을 통과할 때 ATP등의 화학 에너지를 소모하지 않는 수송이다. 소수성(비극성) 혹은 작은 극성 분자, 그리고 가스는 막 단백질의 매개가 필요 없는 단순 확산의 방식으로 운반되며, 극성을 띠거나 전하를 띤 작은 분자들 그리고 이온들은 각각에 대한 막 단백질이 매개하는 촉진 확산의 방식으로 운반된다.

<제시문 3>

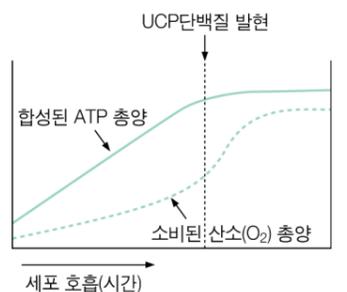
막 단백질은 세포막에 결합하고 있는 단백질이며, 외부 환경과 세포 간의 물질 교환 혹은 신호 교환을 담당한다. 인지질 이중층인 세포막은 반투과성을 지닌다. 이는 일부 분자만이 세포 내외로 수송될 수 있다는 것을 의미한다. 이렇게 통과 가능한 분자는 크기가 작거나 혹은 소수성이어야 한다. 그렇지 않은 대부분의 분자는 통과를 매개하는 각각의 막 단백질이 세포막에 있을 경우에만 통과할 수 있다. 막 단백질의 기능을 기준으로 나트륨-칼륨 펌프 같이 물질을 수송하는 수송 단백질, 세포 외 기질이나 세포골격을 지지하며 다른 세포를 인식하고 결합하는 세포 부착 단백질, 외부 신호를 전달하는 수용체 단백질, 세포의 물질대사를 촉진하는 효소가 있다. 세포막의 인지질 이중층을 가로질러 박히는 막 단백질을 막관통 단백질이라고 하며, 인지질의 지질 부분이 소수성이기 때문에 세포막을 통과하는 부분은 소수성이다.

생명과학 II - i

<제시문 1>에서 설명한 미토콘드리아의 특성 중에서 미토콘드리아가 박테리아로부터 유래했다는 주장을 뒷받침하는 근거를 제시하고 설명하시오.

생명과학 II - ii

곰의 갈색 지방세포에 있는 미토콘드리아의 내막에는 UCP (Uncoupling Protein)라는 단백질이 다량 존재한다. UCP 유전자를 이용하여 세포 호흡 과정 중 특정 시점에 유전자 발현을 유도하였다. 합성된 UCP 단백질이 세포 호흡에 미치는 영향을 분석한 결과 오른쪽 그래프와 같은 결과를 얻었다. 이 결과를 기반으로 UCP 단백질이 곰의 동면에 어떻게 기여하는지 기술하시오.



생명과학 II - iii

미토콘드리아의 내막에 존재하는 ATP 합성 효소와 위의 II - ii 문제에서 설명한 단백질 UCP의 기능적 유사점과 차이점을 <제시문 2>와 <제시문 3>을 참고하여 설명하시오.

수학 1

〈개요 및 주요 평가항목〉

본 문제는 수학I의 “등차수열”과 수학II의 “함수의 극한과 연속” 단원에서 출제되었다. 수열은 비연속적으로 발생하는 자연현상을 분석하는데 매우 중요한 개념으로, 본 문제는 좌표평면 위의 특정한 영역 내에 포함되어 있는 격자점의 개수로 주어지는 수열을 수식화 하고, 이와 관련한 극한값을 올바르게 도출할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 문제의 답은 도형의 면적 혹은 정적분의 사용을 통해 쉽게 예상가능하나, 이를 수학적으로 엄밀히 유도할 수 있는지에 주안점을 두었다. 문제는 평이하며, 고등학교 교과과정에서 다루지는 기본적인 개념에 대한 이해가 충분하다면 쉽게 설명할 수 있는 문제이다.

[수학 1-i] 문제에 제시된 상황을, 가장 단순한 경우를 통하여 올바르게 접근할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 1-ii] 특정한 집합의 원소의 개수를, 여집합의 원소의 개수를 통하여 유도하고, 그 값을 등차수열의 합을 통하여 수식화 할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 1-iii] 도형의 면적으로부터 추론 가능한 비율을, 다항식의 비의 극한값을 통하여 엄밀하게 유도할 수 있는지를 평가하고자 한다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[수학 1-i]

- 예시답안
 $n=3$ 일 때, 집합 P_3 은 0이상이고 3이하인 정수의 쌍 (x,y) 의 개수이므로, 총 $4^2=16$ 개의 원소를 가진다. 집합 P_3-S_3 의 원소 중, $y \leq x$ 인 점은 $(1,0), (2,0), (3,0)$ 으로 대칭성에 의해 집합 P_3-S_3 의 원소의 개수는 6이다. 따라서, 집합 S_3 는 10개의 원소를 가진다.

- 채점기준
 (3점) 집합 P_3 의 원소의 개수를 올바르게 유도할 수 있다.
 (3점) 집합 S_3 의 원소의 개수를 올바르게 유도할 수 있다.

[수학 1-ii]

- 예시답안
 자연수 n 이 3의 배수이므로, $n=3k$ 라고 두자. 집합 P_n-S_n 의 원소 중, $y \leq x$ 인 점은 $(1,0), (2,0), (3,0), (4,0), (4,1), (5,0), \dots, (3k, k-1)$ 으로 총 개수는 $(1+1+1)+(2+2+2)+\dots+(k+k+k)$ 이고 이는 <제시문 1>에 의하여 $\frac{3}{2}k(k+1)$ 과 같다. $k = \frac{n}{3}$ 이므로, 이는 $\frac{n(n+3)}{6}$ 과 같다.

따라서 집합 P_n-S_n 의 원소의 개수는 $(n+1)^2 - \frac{n(n+3)}{3} = \frac{2}{3}n^2 + n + 1$ 이다.

- 채점기준
 (5점) 집합 S_n 의 원소의 개수를 올바르게 유도할 수 있다.
 (3점) 유도한 식을 n 에 대한 식으로 표현할 수 있다.

[수학 1-iii]

- 예시답안
 자연수 n 이 $3k \leq n \leq 3k+2$ 일 때, S_n 의 원소의 개수는 S_{3k} 이상이고, S_{3k+3} 보다 작다.
 S_{3k} 의 원소의 개수는 $\frac{2}{3}(3k)^2 + 3k + 1$ 이고, $k > \frac{n-3}{3}$ 이므로,
 $\frac{2}{3}(n-3)^2 + n - 3 + 1 = \frac{2}{3}n^2 - 3n + 4$ 보다 크다.
 S_{3k+3} 의 원소의 개수는 $\frac{2}{3}(3k+3)^2 + (3k+3) + 1$ 이고, $k \leq \frac{n}{3}$ 이므로,
 $\frac{2}{3}(n+3)^2 + n + 3 + 1 = \frac{2}{3}n^2 + 5n + 10$ 보다 작거나 같다.
 이 두 식을 모두 P_n 의 원소의 개수인 $(n+1)^2$ 으로 나눈 값의 n 이 무한대로 갈때의 극한값은 $\frac{2}{3}$ 이므로, 문제에서 구하고자 하는 극한값 역시 $\frac{2}{3}$ 이다.
- 채점기준
 (3점) 비에 대한 식을 유도할 수 있다.
 (3점) <제시문 3>을 이용하여 극한값을 도출할 수 있다.

수학 2

〈개요 및 주요 평가항목〉

적분은 미분과 함께 다양한 물리적 현상과 사물의 움직임을 분석하고 예측할 뿐 아니라, 수리적 양을 계산하는데 있어서 아주 강력한 수학적 도구이다. 이를 이용하여 우리는 여러 기하적인 대상의 길이, 면적 그리고 부피를 구할 수 있다. 이러한 취지에서 이 문제는, 고등학교 수학 교과 중 삼각함수와 정적분 부분에서 출제되었다.

주어진 조건으로부터 좌표공간에 놓여있는 입체도형의 부피를 정적분을 활용하여 도출하는데 있어서, 삼각함수의 정의와 성질을 적절히 이용할 수 있는지와 삼각함수와 관련한 극한값을 도출하여, 입체도형의 부피의 극한값을 계산할 수 있는지를 평가하고자 하였다. 문제의 답은 직관적으로 쉽게 예상가능하나, 수학적으로 엄밀한 추론과정의 평가에 더 주안점을 두었으며, 고등학교 교과과정에서 다루지는 기본적인 개념에 대한 이해가 충분하다면 쉽게 설명할 수 있는 문제이다.

[수학 2-i] 삼각함수의 정의와 성질을 이용하여, 기하적인 양을 수식으로 올바르게 유도할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 2-ii] 입체도형의 부피를 단면적의 정적분으로 표현하는 정리를 활용하여, 구의 단면적과 일정한 비율의 단면적을 가지는 입체도형의 부피를 올바르게 유도할 수 있는지를 평가하고자 한다.

[수학 2-iii] 삼각함수와 관련한 극한값을 활용하여, 직관적으로 유도가능한 사실을 수학적으로 엄밀히 보일 수 있는지를 평가하고자 한다.

<예시답안 및 채점기준>

[수학 2 - i]

- 예시답안
정n각형의 꼭지점을 순서대로 P_1, \dots, P_n 이라고 하고, 그 중심을 O 라고 하면, 이등변삼각형 P_iOP_{i+1} 의 꼭지각은 $\frac{2\pi}{n}$ 이 된다. 이로부터 이 삼각형의 밑변의 길이는 $2r\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)$ 이고 높이는 $r\cos\left(\frac{\pi}{n}\right)$ 이다. 따라서 그 넓이는 $r^2\sin\left(\frac{\pi}{n}\right)\cos\left(\frac{\pi}{n}\right) = \frac{r^2}{2}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$ 이 된다. 그리하여 정n각형의 넓이는 $\frac{nr^2}{2}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$ 이다.

- 채점기준
(3점) 정n각형을 이등변삼각형으로 쪼개어, 각 변의 길이를 유도할 수 있다.
(3점) 정n각형의 넓이를 식으로 올바르게 표현할 수 있다.

[수학 2 - ii]

- 예시답안
원과 내접하는 정n각형의 넓이의 비는 $\frac{nr^2\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)/2}{\pi r^2} = \frac{n}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$ 이다.
입체도형 V_n 을 단면구간 $[-1, 1]$ 위의 임의의 점 x 에서 x 축에 수직인 평면으로 자른 단면의 넓이를 $S(x)$ 라고 하고, 구 A 의 단면의 넓이를 $T(x)$ 라고 하자. <제시문 2>에 의하여 V_n 의 부피는 $\int_{-1}^1 S(x) dx$ 이고, 이는 $\int_{-1}^1 \frac{n}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)T(x) dx = \frac{n}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)\int_{-1}^1 T(x) dx$ 와 같다. <제시문 1>에 의하여 $\int_{-1}^1 T(x) dx = \frac{4\pi}{3}$ 이므로, V_n 의 부피는 $\frac{2n}{3}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)$ 이다.

- 채점기준
(3점) 원과 내접하는 정n각형의 넓이의 비를 올바르게 구할 수 있다.
(5점) V_n 의 부피를 올바르게 구할 수 있다.

[수학 2 - iii]

- 예시답안
 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ 이다. 이를 이용하면, V_n 의 부피의 극한값은 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2n}{3}\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{3} \times \frac{\sin\left(\frac{2\pi}{n}\right)}{\frac{2\pi}{n}}$ 이고, 그 값은 $\frac{4\pi}{3}$ 이다.
- 채점기준
(3점) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ 을 이용한다.
(3점) V_n 의 부피의 값을 올바르게 유도한다.

물리 I

<개요 및 주요 평가항목>

고등학교 교과 과정 [물리 I]의 “시공간과 우주” 단원과 “물질과 전자기장” 단원에서 출제하였다. 힘과 일에 대한 관계식을 이해하는 문제, 그리고 수소 원자 모형에서 에너지 전이에 따른 에너지 준위의 변화량과 빛의 파장과의

관계를 묻는 문제를 출제하였다. 교과과정에서 배운 기본적인 내용을 바탕으로, 물체가 일상에서 접하는 크기 정도에서 입자가속기가 필요한 원자수준까지의 범위를 다루었으며, [물리 I]과정에서 배우는 주제의 이해도를 다각도로 평가하고자 하였다.

<예시답안 및 채점기준>

[물리 I - i]

- 예시답안
(가) 물체에 가한 힘의 수평 방향 성분은 $F\cos\theta$ 이므로, 물체에 한 일은 $W = Fd = (F\cos\theta)d$ 가 된다.
(나) 가해지는 힘 F 의 연직 성분은 $F\sin\theta$ 이므로, 수직 항력 $N = mg - F\sin\theta$ 로 나타낼 수 있다. 하지만 연직 성분으로의 이동 거리는 0 m이므로, 수직 항력이 한 일은 0 J이 된다.
(다) 등속운동이기 때문에, 마찰력이 한 일은 힘이 물체에 가한 힘이 한 일과 같으므로 $(F\cos\theta)d$ 이 된다. 또한 속도가 일정하기 때문에 힘의 수평 방향 성분과 마찰력은 같게 된다. 따라서 $F\cos\theta = \mu N$ 이므로, 운동마찰계수 $\mu = \frac{F\cos\theta}{N} = \frac{F\cos\theta}{mg - F\sin\theta}$ 이다.

- 채점기준
(가) 힘 F 를 연직 방향과 수평 방향의 분력으로 분해 할 수 있는지와 물체에 작용하는 힘들이 평형을 이룬다는 것을 설명할 수 있다.(3점)
(나) 수직 항력의 정의와 수직 항력과 일에 대한 관계식을 이해하고 설명할 수 있는지를 묻고 있다.(3점)
(다) 등속운동이기 때문에, 마찰력이 한 일과 힘이 물체에 가한 힘이 한 일과 같다는 것을 이해하고, 주어진 정의에서 마찰력과 마찰계수의 관계식을 설명할 수 있다.(4점)

[물리 I - ii]

- 예시답안
(가) $n=1, 2, 3$ 인 상태의 에너지 준위를 각각 E_1, E_2, E_3 이라고 하면, 전자가 $n=1$ 에서 $n=3$ 으로 전이될 때 흡수하는 빛의 에너지는 $E_3 - E_1 = hf_a = h\frac{c}{\lambda_a}$ (여기서 $c = f \cdot \lambda$ 관계식을 이용하였다)이다. 또한 전자가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로, 그리고 $n=2$ 에서 $n=1$ 전이될 때 방출하는 빛의 에너지는 각각 $E_3 - E_2 = hf_b = h\frac{c}{\lambda_b}$, $E_2 - E_1 = hf_c = h\frac{c}{\lambda_c}$ 이다. 전자가 $n=1$ 에서 $n=3$ 으로 전이될 때 흡수하는 빛의 에너지크기는 전자가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로, 그리고 $n=2$ 에서 $n=1$ 전이될 때 방출하는 각각의 빛의 에너지 크기의 합과 같으므로 진동수는 $f_a = f_b + f_c$ 이며, 파장은 $\frac{1}{\lambda_a} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_c}$, 즉 $\lambda_a = \frac{\lambda_b\lambda_c}{\lambda_b + \lambda_c}$ 이다.
(나) 전자가 $n=3$ 에서 $n=2$ 로, 그리고 $n=2$ 에서 $n=1$ 로 전이될 때 방출되는 빛의 에너지는 각각 $E_3 - E_2 = hf_b = h\frac{c}{\lambda_b}$, $E_2 - E_1 = hf_c = h\frac{c}{\lambda_c}$ 로 주어지므로, $\lambda_b = \frac{hc}{E_3 - E_2}$, $\lambda_c = \frac{hc}{E_2 - E_1}$ 이다. 따라서 파장 크기의 비는 $\frac{\lambda_b}{\lambda_c} = \frac{E_2 - E_1}{E_3 - E_2} = \frac{-\frac{A}{2^2} - (-\frac{A}{1^2})}{-\frac{A}{3^2} - (-\frac{A}{2^2})} = \frac{-\frac{1}{4} + \frac{1}{1}}{-\frac{1}{9} + \frac{1}{4}} = \frac{27}{5}$ 이다.

- 채점기준
(가) 에너지 전이에 따른 에너지 준위의 변화량과 빛의 진동수 및 파장과의 관계를 이해하고 있다.(5점)
(나) 방출 및 흡수되는 빛의 진동수와 파장간의 관계를 설명할 수 있다.(5점)

물리 II

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 교과 과정 [물리 II]의 “운동과 에너지”단원에서 힘과 운동법칙과 운동량 보존 법칙에 대한 내용을, 그리고 “파동과 빛”단원에서 도플러 효과와 충격파에 대한 문제를 출제하였다. 운동량 보존 법칙과 에너지 보존 법칙을 이해하고, 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 물리현상인 도플러 현상 등 물리학의 중요 개념을 묻는 문제를 출제함으로써, 학생들이 교과 과정에서 배운 내용을 심도 있게 이해할 수 있는지 판단하고자 하였다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[물리 II - i]

■ 예시답안

(가) 핵과 맨틀의 질량을 각각 M_1 과 M_2 라고 하면, $M_1 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$, $M_2 = \frac{4}{3}\pi[(\frac{3}{2}R)^3 - R^3]\frac{\rho}{2} = \frac{19}{16}(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho)$
 $= \frac{19}{16}M_1$ 이다. 핵과 맨틀 경계면에서의 중력 가속도는 $g_1 = G\frac{M_1}{R^2}$ 이고, 맨틀표면에서의 중력 가속도는 $g_2 = G\frac{(M_1 + M_2)}{(\frac{3}{2}R)^2}$ 이므로, 중력 가속도의 비 $\frac{g_1}{g_2} = \frac{G\frac{M_1}{R^2}}{G\frac{(M_1 + M_2)}{(\frac{3}{2}R)^2}} = \frac{(\frac{3}{2}R)^2 M_1}{R^2(M_1 + M_2)} = \frac{(\frac{3}{2}R)^2 M_1}{R^2(M_1 + \frac{19}{16}M_1)}$
 $= \frac{36}{35}$ 이다.

(나) 두 물체 사이의 거리가 r 이 될 때, 두 물체의 각각의 속도는 v_1, v_2 이다. 이때 외부에서의, 그리고 외부로의 에너지 유입 및 유출이 없으므로, 운동량과 역학적 에너지는 보존된다. 운동량 보존법칙과 역학적 에너지 보존법칙을 이용하면 (i) $m_1v_1 + m_2v_2 = 0$ 와 (ii) $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 - G\frac{m_1m_2}{r} = 0$ 로 나타낼 수 있다. (i)을 이용하면 $v_2 = -\frac{m_1}{m_2}v_1$ 이므로, 이를 (ii)에 대입하면 $v_1 = \sqrt{\frac{2G}{r(m_1 + m_2)}} m_2$ 가 되며, v_2 도 같은 방법으로 구하면 $v_2 = \sqrt{\frac{2G}{r(m_1 + m_2)}} m_1$ 이 됨을 알 수 있다. 서로의 운동방향이 반대인 물체들에 대한 서로의 상대속도의 크기는, 위에서 구한 v_1 과 v_2 의 단순 합이 됨으로, $v_1 + v_2 = \sqrt{\frac{2G}{r(m_1 + m_2)}} (m_1 + m_2) = \sqrt{\frac{2G(m_1 + m_2)}{r}}$ 가 된다.

■ 채점기준

- (가) 구의 부피와 밀도와 질량과의 상관관계에 대한 이해를 전제로 하고 있다.(6점)
- (나) 운동량 보존 법칙과 에너지 보존 법칙을 이해하고 문제에 적용할 수 있다.(6점)

[물리 II - ii]

■ 예시답안

관측자와 음원이 동시에 움직이며 간격이 가까워지기 때문에 <제시문 3>에서 나온 식을 합산하면, 관측되는 소리의 진동수는 $f_0 = (\frac{v+v_0}{v-v_s})f_s$ 이다.
 따라서, $f_0 = (\frac{v+v_0}{v-v_s})f_s = (\frac{340+60}{340-40}) \cdot 500 \text{ Hz} = 666.7 \text{ Hz} \approx 670 \text{ Hz}$. 이는 원래 음원의 진동수 보다 높게 들림을 알 수 있다.

■ 채점기준

도플러 현상은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 물리현상이다. 관측자와 음원이 동시에 움직이는 경우에 관측되는 진동수는 어떻게 논리적으로 적용하는지를 평가 하고자 하였다. 일상적인 물리현상을 통해서 그 결과를 적절하게 예상하고, 그러한 결론에 대한 논리적인 근거를 제공할 수 있는지를 평가하기 위한 문제이다.(8점)

화학 I

〈개요 및 주요 평가항목〉

고등학교 ‘화학 I’에서 기본적으로 다루어지고 있는 물질의 양과 화학 반응식, 몰수, 현대의 원자 모형에 의한 전자 배치의 원리, 유효 핵전하, 원소의 주기적 성질, 탄소로 구성된 동소체에 관련된 문제이다. 첫 번째 문제에서는 주어진 그래프를 해석하여 화학I에서 배운 내용인 이온화 에너지의 주기적 변화를 논리적으로 기술 할 수 있는지 평가하고자 하였다. 두 번째 문제는 대부분의 고등학교 화학 1에서 다루어지는 탄소 동소체 중에서 C₆₀에 관련된 문제로, 화학 반응식과 연관지어, 양적 해석이 가능한지 평가하고자 하였다. 약간 생소하지만, 흑연과 다이아몬드의 전도성에 관련된 상식적 내용을 바탕으로 하여 C₆₀와 C₆₀H₆₀의 전도도를 상호 비교할 수 있는 논리성이 있는지 평가 하고자 하였다. 본 문제는 ‘화학 I’에서 다루는 간단한 기본 지식을 묻는 것으로 필요한 지식은 고등학교 교과서를 기준으로 제시문에 주어졌으며, 이를 읽고 이해할 수 있으면, 어려움 없이 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

〈예시답안 및 채점기준〉

[화학 I - i]

■ 예시답안

(가) 3주기 13족~16족 바닥 상태의 원자 Al, Si, P, S의 전자 배치는 다음과 같다.

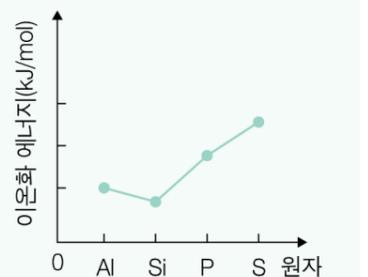
Al: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
 Si: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
 P: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
 S: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하여 핵과 원자가 전자 사이의 전기적 인력이 증가하므로 이온화 에너지는 증가한다. S의 경우 P보다 이온화 에너지가 작은 이유는 p오비탈에 전자가 쌍을 이루면서 채워지므로 전자 사이의 반발 때문에 불안정해져 P에 비해 전자 하나를 떼어내기가 쉽기 때문이다.

(나) Al, Si, P, S가 전자를 하나 잃은 상태의 전자 배치는 다음과 같다.

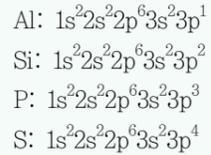
Al⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
 Si⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
 P⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
 S⁺: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Al⁺의 경우 s오비탈에서 전자를 떼어내기가 Si⁺의 p오비탈에 비해 어렵고 Al⁺의 s오비탈이 채워져 안정하기 때문에 이온화 에너지가 Si⁺보다 클 것으로 예측된다.



■ 채점기준

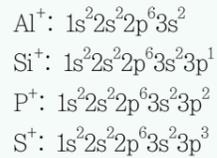
(가) 전자 배치를 정확히 기술한다.(2점)



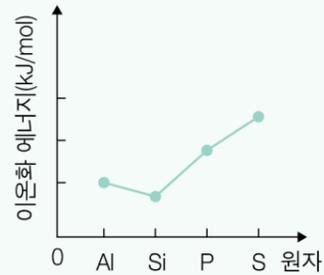
같은 주기에서 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자의 유효 핵전하가 증가하여 핵과 원자가 전자 사이의 전기적 인력이 증가하므로 이온화 에너지는 증가한다.(2점)

S의 경우 이온화 에너지가 감소하는 이유는 p오비탈에 전자가 쌍을 이루면서 채워지므로 전자 사이의 반발 때문에 불안정해져서 P에 비해 전자 하나를 떼어내기가 쉽기 때문이다.(2점)

(나)



그래프의 경향을 정확히 제시한다.(2점)

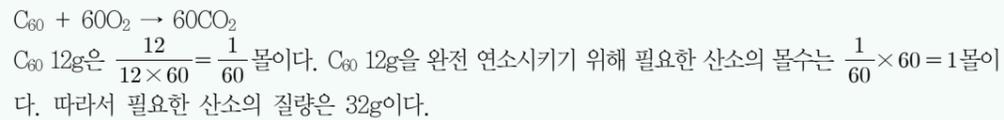


Al^+ 의 경우 s오비탈에서 전자를 떼어내기가 Si^+ 의 p오비탈에 비해 어렵고 Al^+ 의 s오비탈이 채워져 안정하기 때문에 이온화 에너지가 Si^+ 보다 클 것으로 예측된다.(2점)

[화학 I - ii]

■ 예시답안

(가) C_{60} 을 완전히 연소시켰을 때의 연소 반응식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



(나) <제시문 3>에 주어진 내용을 보면 흑연은 탄소 원자 1개에 3개의 탄소 원자가 결합한 물질이고, 다이아몬드는 4개의 탄소 원자가 결합한 물질이라고 주어졌다. 원자가 전자가 4개인 탄소 원자는 흑연에서는 1개의 남은 원자가 전자가 있고, 이 전자가 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도도가 좋다. 이에 반해 다이아몬드는 원자가 전자 4개가 모두 결합에 참여하므로 자유로운 원자가 전자가 없으므로 전도도가 낮을 것으로 예상된다. C_{60} 는 그림에서 나타나 있듯이 동소체인 흑연처럼 탄소 원자 1개에 3개의 탄소 원자가 결합되어 있다. 원자가 전자가 4개인 탄소 원자는 C_{60} 의 경우 1개의 남은 원자가 전자가 있고, 이 전자가 자유롭게 움직일 수 있어 전기 전도도가 좋다. 그렇지만, $C_{60}H_{60}$ 의 경우, 4개의 원자가 전자 중 3개는 탄소와 결합하고, 1개는 수소와 결합하여 자유롭게 움직일 수 있는 전자가 없다. 다이아몬드처럼 전도도가 낮을 것으로 예상된다.

■ 채점기준

(가) $C_{60} + 60O_2 \rightarrow 60CO_2$ 식을 제시한다.(2점)
 필요한 산소의 질량 32g을 제시한다.(2점)

(나) 제시문에 주어진 근거를 이용하여 흑연과 다이아몬드의 결합의 차이점을 기술한다.(2점)
 그림에 주어진 C_{60} 결합 형태가 흑연과 같고, $C_{60}H_{60}$ 의 결합 형태가 다이아몬드와 유사함을 기술한다.(2점)
 전도도의 차이점을 논리적으로 제시한다.(2점)

화학 II

<개요 및 주요 평가항목>

고등학교 교육과정 '화학 II'에서 기본적으로 다루어지고 있는 반응의 자발성, 엔탈피, 엔트로피, 부분 압력 법칙, 산-염기 평형에 관한 문제이다. 문제 풀이에 도움을 줄 수 있는 내용을 고등학교 교과서를 기준으로 제시하였다. 주어진 정보를 이용하여 논리적으로 화학 반응의 자발성을 논의할 수 있는지 평가하고자 하였고, 고등학교 화학교과 과정에서 많이 다루어지는 르샤틀리의 법칙을 이용하여 과학적 논술 능력을 평가하고자 하는 문제이다. 화학 방정식에서 얻어진 양론적 결과를 토대로, 부분압력에 대한 이해도를 평가하고자 하였다. 또한 주어진 실험 결과 데이터를 고등학교 교과 과정에서 배운 지식을 토대로 해석할 수 있는지 평가하고자 하였다.

'화학 II'에서 다루는 간단한 기본 지식을 이해하고 있고 기본적인 수리적 연산 능력이 있으면 쉽게 풀 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였다.

<예시답안 및 채점기준>

[화학 II - i]

■ 예시답안

(가) 반응의 자발성을 논하기 위해 25°C에서의 ΔG 을 구해보도록 하자.

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

ΔH 를 결합 에너지로부터 구하면

$\Delta H = \text{반응물의 결합 에너지 합} - \text{생성물의 결합 에너지 합}$
 $= (\Delta H_{N=N} + 3\Delta H_{H-H}) - (6\Delta H_{N-H}) = 950 + 3(450) - 6(400) = -100\text{kJ/mol}$

ΔS 를 주어진 조건에서 구하면

$\Delta S = \text{반응 후 엔트로피의 합} - \text{반응 전 엔트로피의 합}$
 $= (2S_{NH_3}) - (S_{N_2} + 3S_{H_2}) = 2 \times 190 - (190 + 3 \times 130) = -200\text{J/mol}$

따라서, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -100\text{kJ/mol} - 298 \times (-200)\text{J/mol} = -40.4\text{kJ/mol}$

$\Delta G < 0$ 이므로 반응은 오른쪽으로 자발적이다.

(나) ΔH 가 0보다 작으므로 발열반응이다. 온도가 올라갈수록 반응의 오른쪽으로 진행되는 경향이 줄어든다. 반응 전 기체의 몰수는 4몰이고, 반응 후 기체의 몰수는 2몰이므로, 압력이 올라가면 반응은 오른쪽으로 진행되는 경향이 커진다.



초기	4몰	10몰	
반응	x몰	3x몰	2x몰
평형	(4-x)몰	(10-3x)몰	4몰

$2x = 4$ 이므로, $x = 2$

반응 후 용기 안에 존재하는 N₂, H₂, NH₃의 몰 수는 각각, 2몰, 4몰, 4몰이다.

NH₃의 분압은 몰분률에 비례하므로, 전체 압력이 P일 때, $\frac{4}{10}P = \frac{2}{5}P$ 이다.

■ 채점기준

(가) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 을 제시할 수 있다.(1점)

ΔH 값을 결합 에너지로부터 제시할 수 있다.(2점)

ΔS 값을 주어진 조건에서 제시할 수 있다.(2점)

ΔG 값을 제시할 수 있다.(2점)

$\Delta G < 0$ 이므로 반응은 오른쪽으로 자발적이다.(1점)

(나) 발열 반응임을 제시하고, 평형에 대한 온도의 영향을 제시한다.(2점)

반응 전/후의 분자의 몰수를 비교하여 평형에 대한 압력의 영향을 제시한다.(2점)

(다) 반응 후 용기 안에 존재하는 N₂, H₂, NH₃의 몰 수는 각각, 2몰, 4몰, 4몰임을 제시한다.(2점)

NH₃의 분압은 몰분률에 비례하므로 전체 압력이 P일 때, $\frac{4}{10}P = \frac{2}{5}P$ 이다.(2점)

[화학 II - ii]

■ 예시답안

중화점이 7보다 크므로 약산을 강염기로 중화한 실험이다.

HA의 농도를 구하면 HA 농도×20mL = 0.2 M×10mL

HA의 농도는 0.1 M이다.

초기 pH가 4이므로 [H₃O⁺] = 1.0×10⁻⁴M이며, 이온화도(α) = $\frac{1.0 \times 10^{-4}M}{0.1M} = 0.001$ 이다.

HA의 이온화 상수는 $K_a = C\alpha^2 = 0.1 \times (0.001)^2 = 1.0 \times 10^{-7}$ 이다.

■ 채점기준

HA의 농도를 제시할 수 있다.(1점)

이온화도를 제시할 수 있다.(1점)

HA의 이온화 상수를 제시할 수 있다.(2점)

생명과학 I

<개요 및 주요 평가항목>

고등학교 교육과정 '생명과학 I'의 「세포와 생명의 연속성」 단원은 세포 분열과 유전 현상의 기본 개념을 다루고 있다. 이 단원에서 멘델의 유전 법칙을 통해 유전의 기본 원리를 파악하고 이를 사람의 유전 현상과 연관지어 설명할 수 있어야 한다. 또한 유전자 수준과 염색체 수준에서의 돌연 변이는 다양한 유전 질환 및 암발생과 밀접한 연관성을 가지므로 생명현상의 기본 개념을 질병의 발생과 연관시켜 이해하려는 노력이 필요하다.

주변에서 많은 환자를 접할 수 있으며 대표적인 뇌질환인 헌팅턴병의 유전 현상을 주제로 문제를 출제하였다. 유전 법칙의 기본 개념인 우성/열성, 상염색체/성염색체에 의한 유전 현상을 가계도에서 나타난 정보를 이용하여 논리적으로 설명할 수 있는지 평가하며, 유전 공학적 방법을 이용하여 질병을 진단하는 과정을 논리적으로 설명할 수 있으며 진단 결과를 통해서 환자의 상태를 예측할 수 있는지 종합적으로 묻고자 하였다. 멘델의 유전 법칙에 대한 기본적인 이해와 인간 질병에 대한 과학적 접근 방법에 대해서 종합적으로 사고할 수 있으면 쉽게 답을 할 수 있도록 평이하게 문제를 출제하였으며, 우리 주위에서 관찰할 수 있는 질병을 교과서에서 배우는 기본 지식으로 충분히 설명할 수 있다는 메시지를 전달하고자 하였다.

<예시답안 및 채점기준>

[생명과학 I - i]

■ 예시답안

우성 유전은 부모 중의 한 사람이 질병을 가질 경우 자녀에게 50% 확률로 질병이 전해지며, 열성 유전의 경우 부모에게 질병이 나타나지 않더라도 자녀에서 질병이 나타날 수 있다. 위 가계도에서는 I 세대에서 어머니만 질환을 가지고 있는데 제 II 세대에서 50%의 확률로 질환이 나타났으며, II 세대에서도 아버지만 질병을 가지고 있는데 III세대 자식에게 질병이 유전되었다. 또한 III세대 1번과 2번 부모가 모두 질환을 가지고 있으나 태어난 아들(IV세대-3번)은 정상이다. 열성 유전의 경우 부모가 모두 질환을 가지는 경우에 자식은 모두 질환을 가져야 한다. 따라서 헌팅턴 병은 우성 유전이다.

성염색체에 의한 유전의 경우 성에 따라 질병이 나타나는 비율이 달라진다. 예를 들면, X염색체를 통한 유전의 경우 어머니의 형질이 아들에게 전달되며, Y염색체를 통한 유전의 경우 아버지의 형질이 아들에게만 전달된다. 하지만 헌팅턴 병의 경우 부모의 형질이 아들과 딸의 구별 없이 전달되었다(II 세대의 2번 남자와 3번 여자). 따라서 헌팅턴 무도병은 상염색체에 의해 유전되는 우성 유전이다.

■ 채점기준

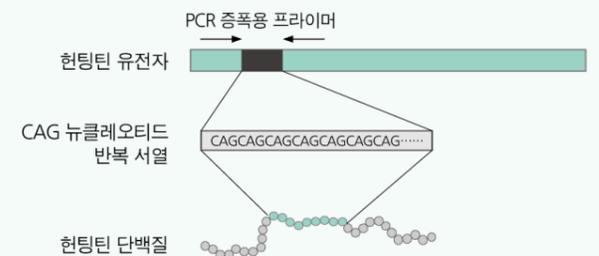
(3점) 우성/열성 유전을 근거를 제시하여 설명할 수 있다.

(2점) 상염색체/성염색체 유전을 근거를 제시하여 설명할 수 있다.

[생명과학 I - ii]

■ 예시답안

헌팅턴병은 헌팅턴 유전자의 돌연변이에 의해 발생하는 질병이다. 좀 더 구체적으로는 헌팅턴 유전자의 CAG 뉴클레오타이드가 반복되는 횟수가 일정 기준이상 증가하면 증상이 나타난다. 따라서 헌팅턴 병의 발병 여부와 증상이 나타날 연령을 예측하기 위해서



CAG 뉴클레오타이드가 반복되는 횟수를 분석해야 한다. 이를 위해 특정 유전자 부위를 PCR로 증폭하고 증폭된 DNA의 크기를 확인하는 방법이 가장 효율적이다. CAG 뉴클레오타이드가 반복되는 유전자 부위의 양 옆에 결합할 수 있는 프라이머 쌍을 이용하여 PCR을 하여 증폭되는 DNA의 크기를 측정하면 CAG 뉴클레오타이드가 반복되는 횟수를 결정할 수 있다(그림 참조).

<제시문 2>에서 1번 남자는 30대에 사망하였으므로 헌팅턴 유전자에서 CAG 뉴클레오타이드가 60번 이상 반복되며, 그 결과 PCR 증폭을 통해 180 뉴클레오타이드 보다 큰 DNA를 얻을 수 있다. 반면 2번 여자는 50대 후반에 사망하였으므로 CAG 뉴클레오타이드가 40-50번 반복되며, 그 결과 PCR 증폭을 통해 120-150 뉴클레오타이드 크기의 DNA가 증폭될 것이다.

(나머지 두 가지 방법의 문제점)

염색체 핵형 분석법: 염색체 핵형 분석으로 염색체 수준에서 변이, 즉 염색체 결실, 염색체 전좌 등을 파악할 수 있다. 그러나 헌팅턴병은 유전자 수준에서의 변이기 때문에 핵형 분석으로는 정상인과 환자의 차이를 구별할 수 없다.

염색체 전체 염기서열 분석법: 염색체의 전체 염기 서열을 분석하는 방법으로 염색체 수준의 변이와 유전자 수준의 변이 모두 분석이 가능하다. 그러나 경제성과 효율성을 고려할 때 PCR 증폭 방법 보다는 효과적이지 않다. 질병의 원인이 되는 유전자를 알고 있는 경우에는 해당 유전자를 PCR을 통해 빠르고 정확하게 분석하는 것이 효율적이다.

- 채점기준
 (6점) PCR 증폭을 통한 실험 과정과 예상 결과를 근거를 제시하여 설명할 수 있다.
 (4점) 기타 실험 방법의 문제점을 설명할 수 있다.

[생명과학 I - iii]

- 예시답안
 제 IV세대 1번과 2번 여자의 아버지는 30대에 사망하였고, 어머니는 50대 후반에 사망하였다. 사망 연령을 고려할 때 아버지의 헌팅틴 유전자에는 CAG 뉴클레오타이드가 약 60번 이상 반복될 것으로 예상되며, 어머니의 헌팅틴 유전자에는 40-50번 정도 반복되어 있을 것으로 예상할 수 있다.
 할머니(II-1)가 정상이므로 아버지(III-1)는 이형 염색체를 가지고 있으며, 어머니(III-2)도 남편과의 사이에 정상인 아들을 낳았으므로 이형 염색체를 가지고 있다. 이형 염색체를 가진 아버지와 어머니 사이에서 태어난 딸이 50세까지 생존하기 위해서는 어머니에게서는 변이 염색체 또는 정상 염색체를 물려받아도 관계없지만, 아버지에게서는 정상 염색체를 물려 받아야한다. 따라서 아버지에게서 정상 염색체를 받을 확률은 1/2이다. 따라서 50세까지 생존할 확률은 1/2이다. 제 IV세대 1번 여자와 2번 여자는 일란성 쌍둥이이기 때문에 두 여자 모두 50세까지 생존할 확률도 1/2이다.
- 채점기준
 (3점) 50세까지 생존율을 근거를 제시하여 설명할 수 있다.
 (2점) 가계도에 제시된 조건을 파악하여 생존율 예측에 적용할 수 있다.

생명과학 II

<개요 및 주요 평가항목>

고등학교 교육과정 '생명과학 II'의 「세포와 에너지」 단원은 세포가 포도당으로부터 에너지를 얻는 세포 호흡과 식물세포에서 광합성을 통해 유기물을 합성하는 내용을 다루고 있다. 세포 호흡은 세포가 에너지를 획득하는 과정이기 때문에 인간의 대부분의 질병과 연관되어 있는 중요한 개념이다. 또한 세포 호흡은 미토콘드리아에 대한 진화학적 이해와 생명체의 가장 근원적인 특징인 지질 이중막과 막 단백질에 대한 종합적인 이해가 필요하다.

[생명과학 II - i]에서 [생명과학 II - iii] 문제는 진핵세포에서 세포 호흡을 통해 ATP 생산을 담당하는 미토콘드리아의 진화적 유래와 세포 호흡 과정에서 일어나는 ATP 합성 또는 열의 발생이 세포막 단백질에 의해 어떻게 조절되며, 이러한 현상이 동물의 특정 물질 대사 및 생리적 활동에 어떻게 기여하는지 묻는 문제이다. 문제에서 제시한 곰의 동면은 사람의 경우에도 갓 태어난 어린아이에도 적용할 수 있다. 세포 호흡의 과정을 잘 이해하고 있고, 이 과정이 어떻게 조절되는지 원리를 잘 파악하고 있으면 제시문의 내용을 참고하여 쉽게 논술할 수 있도록 문제를 출제하였으며, 세포에서 일어나는 세포 호흡 과정이 ATP 생산이라는 중요한 생명 현상이외에 열 발생을 통한 체온 유지라는 다양한 기능에도 관련되어 있다는 메시지를 전달하고자 하였다.

<예시답안 및 채점기준>

[생명과학 II - i]

- 예시답안
 미토콘드리아가 박테리아로부터 유래하였고 진핵세포와 미토콘드리아가 상호 공생한다는 것을 내부 공생설이라고 한다. 미토콘드리아가 박테리아로 부터 유래하였다는 근거는 미토콘드리아 고유의 DNA와 리보솜이 있으며 분열

을 할 수 있다는 것이다. 미토콘드리아 DNA는 원형이고 인트론이 거의 없어서 박테리아 DNA와 유사하며, 고유의 리보솜을 이용하여 단백질 합성이 가능하다. 또한 미토콘드리아는 필요에 따라서 분열이 가능하다. 이러한 사실이 미토콘드리아가 박테리아로 부터 유래하였다는 주장을 뒷받침한다.

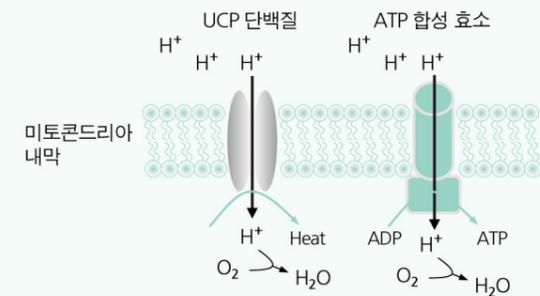
- 채점기준
 (6점) 미토콘드리아의 내부 공생의 근거를 논리적으로 설명할 수 있다.

[생명과학 II - ii]

- 예시답안
 UCP 단백질은 미토콘드리아의 내막에 있으며, 문제에서 제시한 실험 결과에서 UCP 단백질에 의해서 ATP 합성이 중단되고, 산소 소비량이 현저히 증가하였다. 미토콘드리아 내막에서 산소 소비가 증가한 점으로 볼 때 수소 이온이 미토콘드리아 기질로 이동하였으나, ATP 합성이 일어나지 않은 것으로 보아 수소 이온의 이동으로 인해 ATP 합성 대신 열이 발생하였다. UCP 단백질은 곰의 갈색 지방 세포에 다량 존재하므로 ATP 합성 대신 열을 발생하여 곰이 동면하는 동안 체온을 유지할 수 있도록 해준다.
- 채점기준
 (4점) 문제에 제시된 그래프가 나타내는 실험 결과를 세포 호흡과 연관시켜 적절히 분석할 수 있다.
 (4점) 실험 결과를 곰의 동면이라는 현상과 연관시켜 설명할 수 있다.

[생명과학 II - iii]

- 예시답안
 막의 지질 부분이 가지는 소수성 때문에 수소 이온은 자유롭게 막을 통과할 수 없지만 막 단백질의 도움에 의해서는 막을 가로질러 수소이온의 수송이 가능하다. 세포에서 미토콘드리아 내막에는 ATP 합성 효소에 의해 수소 이온이 농도 기울기를 따라 미토콘드리아 기질로 이동하는 동안 ATP가 합성된다. UCP 단백질은 미토콘드리아 내막에 막관통 단백질의 형태로 존재하며 수소 이온이 농도 기울기에 따라 미토콘드리아 기질로 이동하는 통로를 제공한다. 수소 이온의 이동 통로를 제공하는 측면에서 UCP는 ATP 합성효소와 기능이 유사하지만, ATP 합성 효소는 ATP를 합성하는 대신 UCP 단백질은 열을 발생시킨다는 것이 차이점이다.



- 채점기준
 (3점) UCP 단백질의 특징을 제시문에 나타난 내용을 참고하여 설명할 수 있다.
 (3점) UCP 단백질과 ATP 합성 효소의 기능적 유사점과 차이점을 설명할 수 있다.