

2011학년도 수시모집 논술고사(자연1) 문제 답안예시

▣ 자연계 1교시 ▣

□ 문제 1

무한수열에 대한 이론은 수학적 문제를 해결할 뿐만 아니라 실생활에도 적용할 수 있는 유용한 개념으로써 이에 대한 기본 원리를 잘 이해하고 있는지에 대하여 수학1 교과과정 수준에서 질문하고자 하였다. 귀납적으로 정의된 무한수열의 구조를 잘 이해하여 규칙성을 파악하고 수학적인 도구를 사용하여 문제를 해결 할 수 있는 논리적 사고 능력을 평가하고자 하였다.

[문제 1-i] 양변을 더하여 농도합은 항상 일정함을 쉽게 계산할 수 있다.

[문제 2-ii] 농도합이 일정함을 이용하여 한변수를 줄이고 두변수를 합하여 무한수열을 얻고 등비수열의 공식을 구할 수 있다. 나머지 n 이 한없이 커질 때 한변수의 극한값은 농도합이 항상 일정함을 이용하여 값을 구할 수 있다.

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

<제시문 1-1> 세 종류의 물질 a, b, c 의 농도는 시간에 따라 변한다. 시간 t 에서 물질 a, b, c 의 농도를 각각 $A(t), B(t), C(t)$ 라 할 때 초기의 농도는 각각 $A(0) = 10, B(0) = 20, C(0) = 30$ 이다. 세 물질이 반응을 시작하여 n 초 후 농도와 $n+1$ 초 후 농도는 다음 관계식을 만족한다.

$$A(n+1) = (1 - K_{ab} - K_{ac})A(n) + K_{ab}B(n) + K_{ac}C(n)$$

$$B(n+1) = K_{ab}A(n) + (1 - K_{ab} - K_{bc})B(n) + K_{bc}C(n)$$

$$C(n+1) = K_{ac}A(n) + K_{bc}B(n) + (1 - K_{ac} - K_{bc})C(n)$$

여기서 K_{ab}, K_{ac}, K_{bc} 는 양의 상수이고, n 은 0보다 크거나 같은 정수이다.

[문제 1-i] 물질 a, b, c 농도의 합은 시간에 관계없이 항상 일정함을 보이고, 그 값을 구하시오.

[문제 1-ii] $K_{ab} = \frac{1}{2}$ 이고 $K_{ac} = K_{bc} = \frac{1}{6}$ 이라고 하자. 시간 $t = 2011$ 초에서 물질 a 와 b 의 농도의 합 $A(2011) + B(2011)$ 를 구하시오. 또한 n 이 한없이 커질 때 물질 c 의 농도 $C(n)$ 이 어떤 값으로 수렴하는지 구하시오.

【예시답안】

【문제 1-i】 주어진 관계식의 좌변과 우변을 각각 더하면 $A(n) + B(n) + C(n) = A(n-1) + B(n-1) + C(n-1)$ 임을 알 수 있다. 그러므로 $t = n$ 에 상관없이 $A(n) + B(n) + C(n) = A(0) + B(0) + C(0) = 60$ 임을 알 수 있다.

【문제 1-ii】 주어진 상수 값을 대입하고 **(문제 1-i)** 결과를 이용하여 $C(n) = 60 - A(n) - B(n)$ 을 대입하여 다음 식을 얻는다.

$$A(n+1) = \frac{1}{3}A(n) + \frac{1}{2}B(n) + \frac{1}{6}C(n) = \frac{1}{6}A(n) + \frac{1}{3}B(n) + 10,$$

$$B(n+1) = \frac{1}{2}A(n) + \frac{1}{3}B(n) + \frac{1}{6}C(n) = \frac{1}{3}A(n) + \frac{1}{6}B(n) + 10. \quad \text{양변을 더하면}$$

$$A(n+1) + B(n+1) = \frac{1}{2}A(n) + \frac{1}{2}B(n) + 20 \quad \text{을 얻게 된다. 편의상}$$

$\beta(n) := A(n) + B(n)$ 으로 표기하면 $\beta(n+1) = \frac{1}{2}\beta(n) + 20$, $\beta(0) = 30$ 이다. 그러

면 $\beta(n+1) - 40 = \frac{1}{2}(\beta(n) - 40)$ 이 되므로 $\beta(n) = -10\left(\frac{1}{2}\right)^n + 40$ 이다. $n = 2011$

일때의 값을 구하는 것이므로 $A(2011) + B(2011) = -10\left(\frac{1}{2}\right)^{2011} + 40$ 이 구하고자 하는 답이다. 한편 $C(n) = 60 - A(n) - B(n)$ 이고 $A(n) + B(n)$ 은 n 이 무한으로 가면 40으로 수렴하므로 20으로 수렴하게 됨을 알 수 있다.

□ 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 학생들에게 익숙한 위치에너지와 적분을 결합한 형태로 실제로 조력발전에 적용되는 잠재에너지의 예측에 필요한 간단한 적분식을 수립할 수 있는지를 물어 미적분을 통합적으로 이해하고 적용할 수 있는지를 평가하고자 하였다.

[문제 2-i]은 간단한 위치에너지의 식을 이용하여 높이별로 물의 위치에너지 식을 세운 후 적분의 형태로 완성하면 되는 문제로서, 적분의 개념을 이해하고 적용할 수 있는지를 보기위한 것이다.

[문제 2-ii]는 미적분에서 익숙한 적분을 이용한 부피 계산에 대한 내용을 확장한 형태이다. 구체적으로 서술된 물의 형상을 분석하여 면적의 식을 세우고 적분에 적용할 수 있는지 평가하는 질문이다.

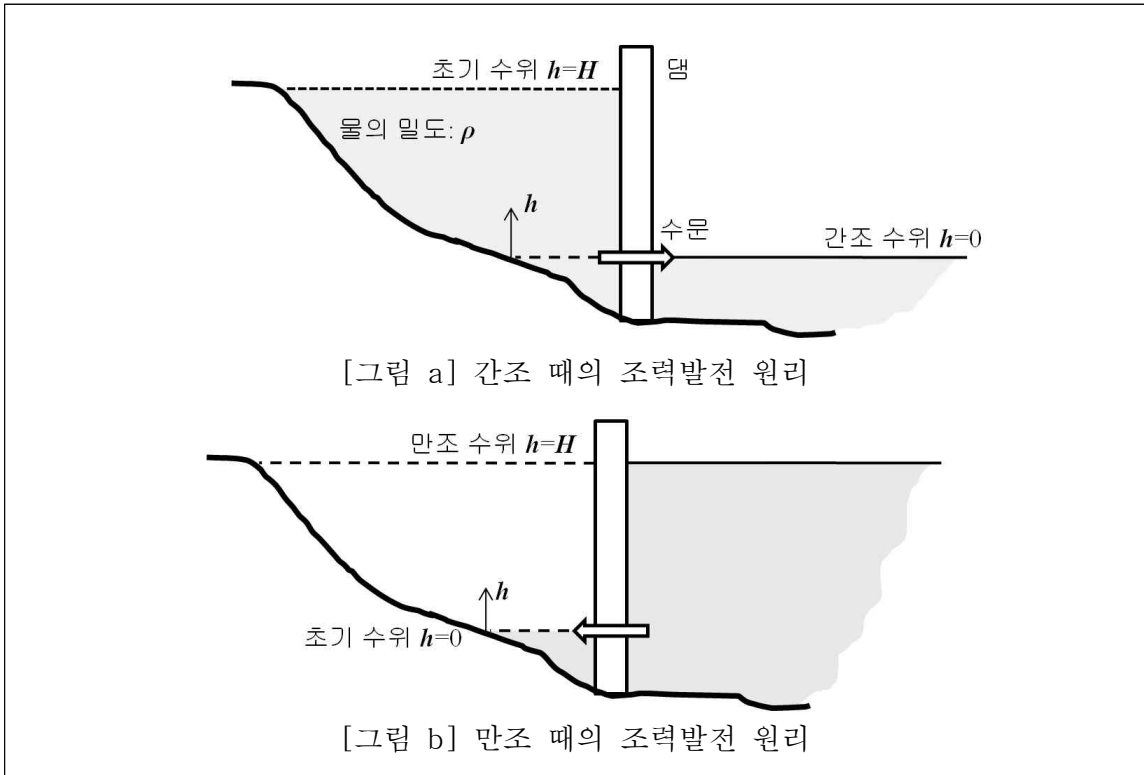
[문제 2] 다음 <제시문 2-1>과 <제시문 2-2>를 읽고 [문제 2-i]와 [문제 2-ii]를 풀이와 함께 답하시오.

<제시문 2-1> 지구상에 있는 모든 물체는 지구 중심을 향하는 중력을 받는다. 기준면에서 높이 h 에 있는 질량 m 인 물체의 위치에너지 E 는 중력가속도가 g 일 때 다음과 같이 표시된다.

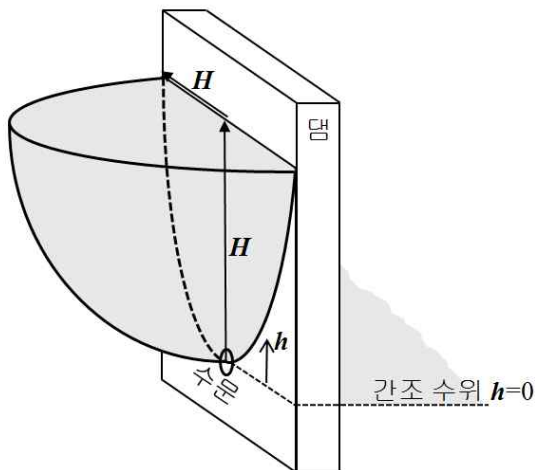
$$E = mgh$$

이 때, 물질의 밀도가 ρ 이고 부피가 V 인 경우 $m = \rho V$ 이다.

<제시문 2-2> 조력발전은 조수간만의 차이에 따른 물의 위치에너지를 이용하여 수문에 설치된 터빈을 돌려 전기에너지를 생산하는 것이다. [그림 a]와 같이 만조 때 수위가 높은 바닷물을 댐 안에 가두고, 간조 때 댐 바깥쪽의 바닷물 수위가 낮아지면 수문을 열어 빠져나가는 물의 위치에너지를 전기에너지로 변환한다. 반대로, [그림 b]와 같이 간조 때 댐의 수위가 낮으면 수문을 잠근 후, 만조 때 바닷물의 수위가 높아지면 수문을 열어 댐으로 들어오는 물의 위치에너지를 이용할 수 있다.



[문제 2-i] 댐 안쪽 물의 수위 h 에 대해 수평단면의 단면적은 $A(h)$, 수위 $h=0$ 부터 H 까지 가둘 수 있는 총 물의 질량은 m , 물의 밀도는 상수 ρ 로 조사되었다. [그림 a]와 같이 간조 때 초기 수위 H 인 댐 안쪽의 물이 가진 이용가능한 위치에너지의 총량을 E_{out} , [그림 b]와 같이 만조 수위 H 에 대해 댐으로 들어오는 물의 위치에너지의 총량을 E_{in} 이라 하자. E_{out} 과 E_{in} 을 구하는 각각의 적분식을 제시하시오. 이로부터 위치에너지의 합 $E(=E_{in}+E_{out})$ 를 구하시오. 이 때 수문의 위치는 간조 수위와 같은 $h=0$ 이며, 물이 댐에서 빠져나가거나 들어오는 동안 댐 바깥쪽의 수위는 변하지 않는다.

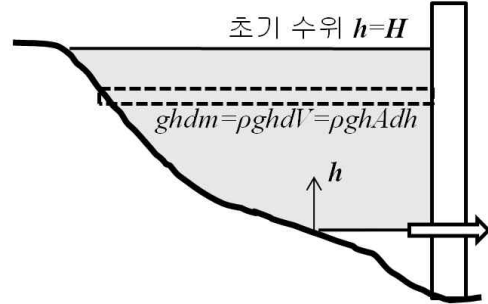


[문제 2-ii] 일반적인 조력발전은 <제시문 2-2>의 [그림 a]와 같이 간조 때에만 작동하게 된다. 댐 안쪽 물의 형상이 옆의 그림과 같이 반지름 H 인 반구를 돌로 나눈 형태이고, 바깥쪽 바닷물의 수위와 수문의 높이는 돌로 나뉜 반구의 맨 아래 ($h=0$)에 위치한다고 하자. 이 경우 간조 때 이용가능한 위치에너지의 총량 E_{out} 을 구하시오.

【예시답안】

【문제 2-i】

수위 h 에서의 위치에너지는 그림과 같이 간조시에는 $\rho g A h d h$ 로, 만조시에는 $\rho g A (H - h) d h$ 표시할 수 있다. 이를 적분하면 다음과 같다.



$$E_{\text{out}} = \int_0^H \rho g A h d h$$

$$E_{\text{in}} = \int_0^H \rho g A (H - h) d h$$

두 식을 더하면,

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{out}} + E_{\text{in}} = \int_0^H \rho g A h d h + \int_0^H \rho g A (H - h) d h \\ &= \rho g \int_0^H A (h + H - h) d h = \rho g H \int_0^H A d h = \rho g H V \\ &= m g H \end{aligned}$$

【문제 2-ii】

높이 h 에서의 반지름을 r 이라 하면 원점이 $(0, H)$ 에 있는 반구의 형태이므로,

$$r^2 + (h - H)^2 = H^2$$

따라서, 높이 h 에서의 단면적은 원의 이분이므로 $A = \frac{\pi r^2}{2} = \frac{\pi}{2} (2Hh - h^2)$

이를 앞에서 구한 E_{out} 의 적분식에 넣어 계산하면,

$$\begin{aligned} E_{\text{out}} &= \int_0^H \rho g A h d h = \rho g \int_0^H h \frac{\pi}{2} (2Hh - h^2) d h \\ &= \frac{\pi}{2} \rho g \left[2H^2 \frac{h^3}{3} - \frac{h^4}{4} \right]_0^H = \frac{\pi}{2} \rho g \frac{5H^4}{12} \\ &= \frac{5\pi}{24} \rho g H^4 \end{aligned}$$

□ 문제 3

물리학 분야 논술평가에서는 고등학교 교과과정에서 요구되는 물리학 지식 전반을 바탕으로 문제를 구성하였다. 응용의 측면에서 일상에서 접할 수 있는 물리학적 상황 중 물리 I 교과서에서 다루는 내용 및 교실에서 행한 물리 실험을 이용하여 해석하고 결론을 도출할 수 있는 익숙한 내용을 주로 채택하였다. 상대속도, 운동량 보존, 드 브로이 물질파, 자기력 등의 내용에 대해 물었다. 수식을 사용하여야 하는 형태의 문제와 단위가 있는 숫자를 도출할 수 있는지도 물음에 포함되었다.

[문제 3] 다음 [문제 3-i]에서 [문제 3-iv]까지 문항별로 풀이와 함께 답하시오. 필요하다면 <제시문 3-1>과 <제시문 3-2>에 주어진 물리법칙 및 상수를 이용하시오.

<제시문 3-1> 드 브로이의 물질파 이론에 의하면 모든 물질은 자신의 운동량과 관계된 파장을 가지고 있다. 예를 들어 어떤 입자가 운동할 때, 이 입자의 물질파 파장은 운동량에 반비례하며 비례상수는 플랑크 상수(6×10^{-34} J·s)이다.

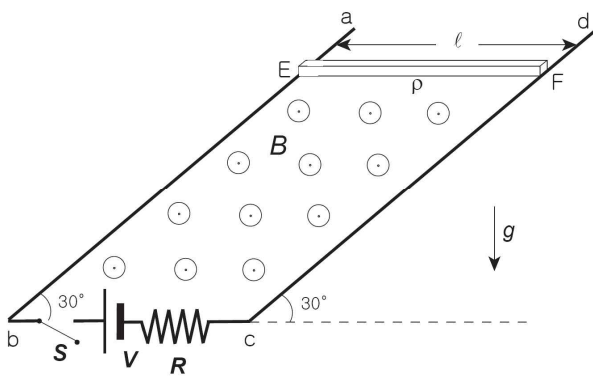
<제시문 3-2> 전류가 흐르는 도선이 자기장에 수직일 때, 이 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 크기는 자기장의 크기와 도선에 흐르는 전류의 세기 및 자기장 속에 놓여 있는 도선의 길이에 비례한다.

[문제 3-i] 질량이 M 인 자동차가 수평인 도로에서 속도 V 로 직선 주행하고 있는데, 질량 m 인 진흙이 높이 h 인 곳에서 자유낙하하여 자동차에 붙었다. 진흙이 붙은 자동차의 속도 V_F 의 식을 구하시오.

[문제 3-ii] KTX열차가 직선구간인 철로를 시속 180 km/h로 달리고 있고, 승객 갑돌이는 초속 3 m/s로 이 열차의 앞칸으로 걸어가고 있다. 한편 새마을호 열차는 같은 구간에서 반대방향으로 시속 90 km/h로 달리고 있고, 승객 을순이는 초속 2 m/s로 이 열차의 뒷칸으로 걸어가고 있다. 갑돌이를 기준으로 할 때 을순이의 상대 속도는 몇 m/s인가?

[문제 3-iii] 질량이 20 g이고 속력 300 m/s로 날아가는 총알은 입자로 보이지만 파동으로 보이지 않는다. 그 이유를 드 브로이의 물질파 이론을 이용하여 설명하시오.

[문제 3-iv] 옆 그림과 같이 단단한 ‘ㄷ’자 도선 abcd가 지표면에 대해 30° 기울어져 고정되어 있고, 지표면에 닿아 있는 밑변 bc에 전압 V 인 전지와 저항 R 이 연



결되어 있다. 또한 이 도선은 그림처럼 크기가 B 이고 방향이 도선면에 수직인 균일한 자기장 속에 놓여 있다. 스위치 S 를 닫고 이 ‘ㄷ’자 도선 위에 선밀도가 ρ 이고 길이가 l 인 직선 도선 EF 를 올려놓자. 이 직선 도선이 지구로부터 받는 중력(중력가속도 g)에도 불구하고 ‘ㄷ’자 도선 위에 정지해 있기 위해 필요한 전압 V 의 식을 구하시오. 여기서 직선 도선과

‘ㄷ’자 도선 사이의 마찰력은 무시한다.

【예시답안】

[문제 3-i] 진흙이 떨어지기 전 트럭의 운동량은 MV 이고, 자유낙하하여 떨어진 진흙의 운동량은 $m \times 0 = 0$ 이므로 진흙이 떨어진 후 운동량은 $(M+m)V_F$. 진흙이 떨어지기 전후 운동량은 보존되므로 $MV = (M+m)V_F$ 로부터 진흙이 붙은 자동차의 속도 V_F 는 $V_F = \frac{M}{M+m} V$ 이다.

[문제 3-ii] KTX열차의 속도를 초속으로 환산하면 $180\text{km/h} = 180,000\text{m}/3,600\text{s} = 50\text{m/s}$ 이고 같은 방향으로 승객 갑돌이가 3m/s 로 가고 있으므로 속도의 합은 53m/s 이다.

새마을호 열차의 속도를 초속으로 환산하면 $90\text{km/h} = 90,000\text{m}/3,600\text{s} = 25\text{m/s}$ 이고 반대방향으로 승객 을순이가 2m/s 로 가고 있으므로 속도의 합은 반대방향으로 23m/s 이다.

그런데 직진 철로에서 두 방향은 반대이므로 갑돌이를 기준으로 할 때 을순이의 상대 속도는 $53\text{m/s} - (-23\text{m/s}) = 76\text{m/s}$ 이다.

답은 $+76\text{m/s}$ 혹은 -76m/s

[문제 3-iii] 질량이 $m = 0.02\text{kg}$ 이고 속력이 300m/s 이므로 이 총알의 운동량은

$$p = mv = 0.02\text{kg} \times 300\text{m/s} = 6\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

이다. <제시문 1>로 부터 물질파의 파장이

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6.6 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}}{6\text{kgm/s}} = 10^{-34}\text{m} \quad (\text{단, } 1\text{J} = 1\text{kg m}^2/\text{s}^2)$$

이므로 $\lambda = 10^{-34}\text{m}$ 는 관찰하기에 너무 짧기 때문에 날아가는 총알의 파동성을 관찰하는 것은 불가능하다.

[문제 3-iv] 풀이) 아래 그림을 참고하여 직선 도선이 받는 중력은 $\rho l g$ 이고 ‘ㄷ’자 도선을 따라 내려오도록 가해지는 힘의 크기는

$$F_g = \rho l g \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \rho l g$$

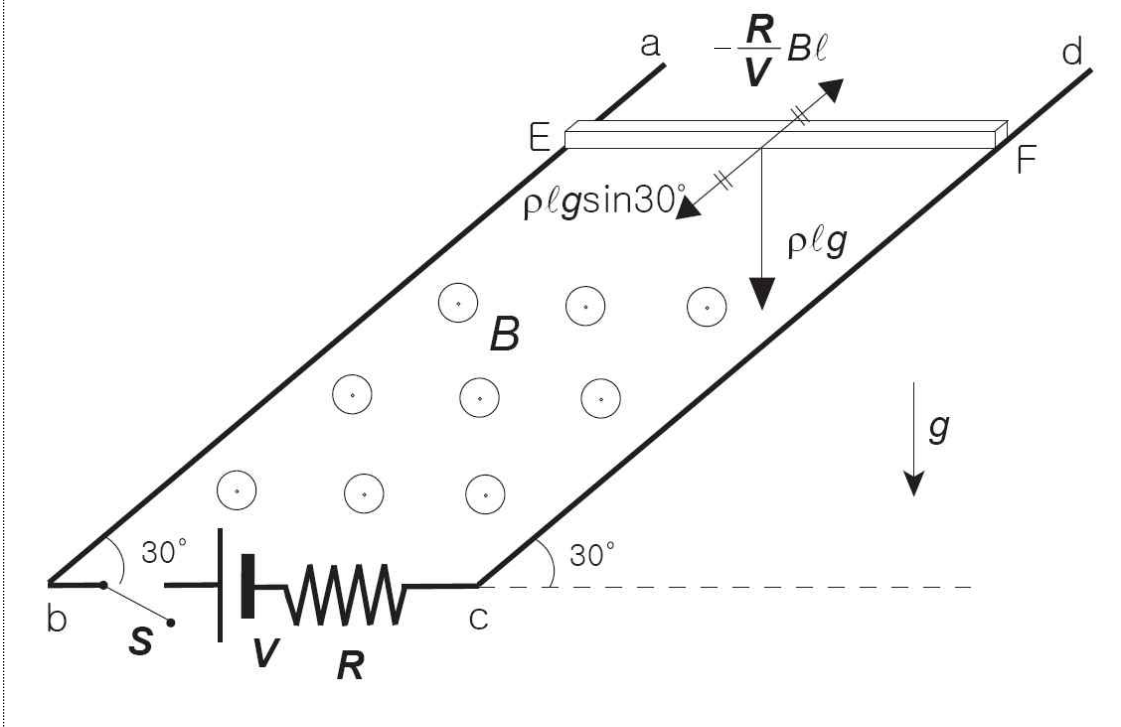
이다. 주어진 <제시문 2>에 의해 이 직선 도선은 ‘ㄷ’자 도선을 따라 올라가려는 자기력

$$F_B = IlB = \frac{VlB}{R}, \quad (I = \frac{V}{R})$$

을 또한 받는다. 직선 도선이 받는 알짜힘이 없으려면 두 힘이 상쇄되어야 하므로

$$F_g = -F_B \Rightarrow \frac{1}{2} \rho l g = -\frac{VlB}{R} \Rightarrow V = -\frac{\rho g R}{2B}$$

이다.



□ 문제 4

금속의 산화반응은 주변에서 쉽게 관찰 가능한 반응이다. 금속이 산화되면, 순수한 금속에 비교하여 열, 전기 전도율이 감소함을 관찰할 수 있다. 이 화학반응을 화학 방정식을 활용하여 나타낼 수 있고, 산화된 금속은 물에 녹을 수 있다. 알칼리 금속, 알칼리토금속은 물에 녹을 경우 염기성을 보이는데, 이러한 화학반응 또한 화학 방정식을 활용하여 나타낼 수 있다. 공기 중에 존재하는 산소의 비율을 전체 공기의 부피로부터 계산해 내고, 기체의 부피를 아보가드로의 발견을 활용하여 몰(mole) 수로 변환 할 수 있는지 평가하고자 하였으며, 이렇게 계산된 산소가 한계반응물질일 때, 반응에 참여한 금속의 질량을 화학 방정식을 활용하여 계산할 수 있는지 평가하고자 하였다. 출제된 문제는 고등학교 화학 1과정을 성실하게 이수한 학생이 쉽게 풀 수 있도록 출제되었다. 화학 1 각 단원의 연결고리를 이해하고 통합적으로 사고 할 수 있는 능력이 있는지를 평가하고자 하였다.

[문제 4-i] Ca 금속을 건조공기 중에서 자르면 단면은 은백색을 나타내지만 시간이 지나면 은백색이 사라지게 된다. 그 후 표면의 전기 전도성을 조사하면 전기 전도성이 감소됨을 실험적으로 확인할 수 있다. 이렇게 되는 이유를 화학 반응식을 이용하여 기술하시오. (정확한 화학 반응식을 제시하시오)

[문제 4-ii] Ca 금속을 건조공기 중에서 자른 후 표면에 생성된 물질을 물에 녹일 경우, 이 화학 반응을 정확한 화학 반응식을 이용하여 나타내고, 이 용액의 전기 전도도에 대하여 논하시오.

[문제 4-iii] 위의 **[문제 4-i]**의 실험을 표준조건(0℃, 1기압)에서 44.8 리터의 건조공기로 채워진 밀폐용기 안에서 수행하였다. 건조공기 중에 포함된 모든 산소가 Ca와 반응을 통하여 소모되었다면, 산소와 반응한 Ca의 질량을 구하시오. (Ca의 원자량은 40 g/mol을 이용하고, 계산과정을 제시하시오)

[예시답안]

[문제 4-i] 건조공기에 노출된 Ca는 건조공기 중 산소(O₂)와 반응하여 산화칼슘(CaO)을 형성했기 때문에 산화되지 않은 Ca 금속에 비교하여, CaO의 전기 전도도가 감소한다. 화학반응식으로 이 반응을 표기하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.



[문제 4-ii] 산화칼슘(CaO)은 물에 잘 녹는 산화물이다. Ca는 알칼리토금속에 속하므로 물에 녹이면 염기성을 나타낸다. 물에 녹이면 다음과 같이 반응이 진행된다. $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)는 강염기로 물에 잘 녹아, Ca^{2+} , OH^- 로 존재하기 때문에 이들이 녹은 용액은 강전해질이다. 전기전도도가 좋을 것으로 예측된다.

[문제 4-iii] 표준조건하에서 공기 44.8 L는 2 몰이다. 이들 중 산소가 차지하는 부피비는 20% 이므로, 산소는 0.4 몰이 존재한다. 0.4 몰의 산소가 완전히 Ca와 반응하기 위해서는 0.8몰의 Ca가 필요하다. 왜냐면 이 반응은 $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$ 을 만족해야 하기 때문이다. 따라서 필요한 Ca의 질량은 0.8 몰 $\times 40 \text{ g/mol} = 32 \text{ g}$ 이다.

□ 문제 5

DNA로 부터 mRNA를 거쳐 단백질로 번역되는 유전정보의 전달은 생명체가 생명 현상을 유지하기 위한 가장 기본적인 과정중의 하나이다. 이 과정에서 중요한 역할을 하는 코돈의 개념에 대한 이해와 응용 그리고 유전자 돌연변이에 의한 비정상적인 단백질의 생성 원인에 대하여 이해하고 있는가를 판단하기 위하여 문제를 출제하였다.

[문제 5] 다음 <제시문 5-1>부터 <제시문 5-3>과 [표 1]을 읽고 [문제 5-i]에서 [문제 5-iii]까지 문항별로 답하시오.

<제시문 5-1> 생물체의 DNA는 서로 다른 4가지의 뉴클레오티드로 구성되어 있고, 유전 정보는 염기의 배열 순서에 따라 달라진다. DNA상의 유전 정보는 전사과정을 통하여 mRNA로, 번역과정을 통하여 단백질로 전달된다. 단백질은 아미노산의 서열에 따라 단백질 특유의 3차 구조를 가진다. 아미노산이 치환될 경우, 치환된 아미노산의 곁가지(R-그룹) 성질에 따라 단백질의 3차 구조가 변하기도 한다. 3차 구조의 변화는 단백질의 기능에 영향을 미친다.

<제시문 5-2> 단백질은 20종류의 아미노산으로 이루어져 있다. mRNA의 3개 염기 단위를 코돈이라 하는데, 하나의 코돈이 하나의 아미노산을 지정한다. 64개의 코돈 중 61개의 코돈이 20종류의 아미노산을 지정하므로 1가지 이상의 코돈이 같은 아미노산을 지정할 수 있다. 코돈 UGA, UAA, UAG는 단백질 합성을 끝내도록 지시하는 종결코돈이다.

<제시문 5-3> 유전자를 구성하는 DNA 염기서열에서 한 개 이상의 염기가 다른 염기로 바뀌는 경우를 유전자 돌연변이라고 한다.

[표 1] 유전 암호표

| 첫째 염기 | 둘째염기 | | | | 셋째 염기 |
|----------|-------------|------------|--------------|------------|----------|
| | U | C | A | G | |
| U | UUU] 페닐알라닌 | UCU] 세린 | UAU] 티로신 | UGU] 시스테인 | U |
| | UUC] | UCC] | UAC] | UGC] | C |
| | UUA] 류신 | UCA] | UAA] 종결코돈 | UGA] 종결코돈 | A |
| | UUG] | UCG] | UAG] 종결코돈 | UGG] 트립토판 | G |
| C | CUU] 류신 | CCU] 프롤린 | CAU] 히스티딘 | CGU] 아르기닌 | U |
| | CUC] | CCC] | CAC] | CGC] | C |
| | CUA] | CCA] | CAA] 글루타민 | CGA] | A |
| | CUG] | CCG] | CAG] | CGG] | G |
| A | AUU] 이소류신 | ACU] 트레오닌 | AAU] 아스파라긴 | AGU] 세린 | U |
| | AUC] | ACC] | AAC] | AGC] | C |
| | AUA] | ACA] | AAA] 리신 | AGA] 아르기닌 | A |
| | AUG] 메티오닌 | ACG] | AAG] | AGG] | G |
| G | GUU] 발린 | GCU] 알라닌 | GAU] 아스파르트산 | GGU] 글리신 | U |
| | GUC] | GCC] | GAC] | GGC] | C |
| | GUA] | GCA] | GAA] 글루탐산 | GGA] | A |
| | GUG] | GCG] | GAG] | GGG] | G |

[문제 5-i] 단백질의 아미노산 서열은 유전 정보에 의해 결정되므로 아미노산의 순서를 알면 유전 암호를 유추할 수 있다. 어떤 폴리펩티드의 아미노산 서열이 아래와 같을 때, 이에 대응하는 염기서열을 가지는 mRNA의 개수를 [표 1]에 제시된 유전 암호표를 이용하여 구하시오.

류신-발린-세린-아르기닌-시스테인

[문제 5-ii] 코돈을 구성하는 세 가지 염기 중에서 세번째 염기에서 발생한 염기의 변화가 첫번째 또는 두번째 염기에서 발생한 염기의 변화보다 생물체에 덜 치명적인 경우가 많다. 그 이유가 무엇인지 [표 1]에 제시된 유전 암호표를 이용하여 추론하시오.

[문제 5-iii] 오른쪽 표는 대장균(야생형)의 한 유전자에서 전사된 mRNA의 개시코돈(AUG)을 포함한 5개의 코돈과 이 유전자에서 발견된 4종류의 돌연변이를 나타낸다(여기서 밑줄로 표시된 부분은 돌연변이가 일어난 염기를 나타낸다). 이 4종류의 돌연변이주에서 합성된 단백질 중에서 이 단백질의 기능에 가장 큰 영향을 미칠 것이라고 생각되는 유전자 돌연변이를 선택하고, 그 이유를 설명하시오.

| 종류 | mRNA 염기서열 |
|--------|--------------------------|
| 야생형 | AUGGUUCUUAAGGAA |
| 돌연변이 1 | AUG <u>C</u> UUCUUAAGGAA |
| 돌연변이 2 | AUGGUU <u>A</u> UUAAGGAA |

| | |
|--------|-----------------|
| 돌연변이 3 | AUGGUUCUUGAGGAA |
| 돌연변이 4 | AUGGUUCUUAAGGAU |

【예시답안】

【문제 5-i】 RNA상의 유전 정보는 번역과정을 통하여 단백질로 전달되므로 단백질의 아미노산 서열을 알면 그에 해당하는 코돈을 알아낼 수 있다. 3개의 뉴클레오티드로 조합 가능한 64개의 코돈 중 3개의 종결코돈을 제외한 61개의 코돈이 20개의 아미노산을 지정하므로 하나의 아미노산을 지정하는 코돈의 수가 1개 이상인 경우가 많다. 어떠한 코돈이 어떤 아미노산을 지정하는지는 실험적으로 결정되었으며 이를 정리한 것이 유전 암호표이다. 따라서 주어진 폴리펩티드의 아미노산 서열로부터 결정되는 mRNA의 서열은 각 아미노산을 지정하는 코돈 수의 조합에 의하여 결정된다. 류신은 6개, 발린은 4개, 세린은 6개, 아르기닌은 6개, 시스테인은 2개의 코돈에 의하여 지정되므로 이들의 조합에 의하여 만들 수 있는 모든 mRNA의 개수는 $6 \times 4 \times 6 \times 6 \times 2 = 1728$ 개이다.

【문제 5-ii】 64개의 코돈 중 61개의 코돈이 20종류의 아미노산을 지정하므로 1가지 이상의 코돈이 같은 아미노산을 지정할 수 있다. 코돈의 염기서열 변화는 대응하는 단백질의 아미노산을 치환시킬 수 있다. 많은 코돈의 경우, 세번째 염기의 변화는 첫번째 또는 두번째 염기의 변화보다 아미노산의 치환을 잘 일으키지 못한다. 예를 들면, 발린은 GUU, GUC, GUA, GUG 4개의 코돈에 의하여 지정된다. 4개의 코돈에서 첫번째 또는 두번째 염기가 변하면 다른 아미노산으로 치환된다. 하지만 세번째 염기가 다른 어떤 염기로 치환되더라도 아미노산의 치환은 일어나지 않는다. 전체 20개의 아미노산 중에서 모두 6개의 아미노산이 발린과 같이 세번째 염기의 변화에 관계없이 일정한 아미노산을 지정한다. 따라서 일반적으로 첫번째나 두번째 염기에 비해 세번째 염기의 변화는 아미노산의 치환이 일어나지 않을 확률이 높다. 단백질에서 아미노산의 변화는 생물체에 치명적인 돌연변이를 유도할 수 있다.

【문제 5-iii】 DNA의 염기 서열 변화는 대응하는 단백질의 아미노산 서열을 변화시킬 수 있다. 아미노산이 치환된 경우, 치환된 아미노산의 곁가지(R-그룹) 성질에 따라 단백질의 3차 구조가 변하기도 한다. 3차 구조의 변화는 단백질의 기능에 영향을 미친다. 주어진 야생형과 돌연변이들의 아미노산 서열을 비교하면 다음과 같다.

- 야생형 : 메티오닌-발린-류신-리신-글루탐산
- 돌연변이1 : 메티오닌-류신-류신-리신-글루탐산
- 돌연변이2 : 메티오닌-발린-이소류신-리신-글루탐산

돌연변이3 : 메티오닌-발린-류신-글루탐산-글루탐산

돌연변이4 : 메티오닌-발린-류신-리신-아스파르트산

류신, 발린, 이소류신의 곁가지는 소수성이다. 글루탐산과 아스파르트산의 곁가지는 -전하를 띠고 리신의 곁가지는 + 전하를 띤다. 돌연변이1, 2, 4의 경우 치환된 아미노산의 곁가지 성질이 야생형과 유사하므로 단백질 3차 구조의 변화에 미치는 영향이 적을 것이다. 하지만 돌연변이3의 경우는 치환된 아미노산의 곁가지의 성질이 야생형과 반대이므로 돌연변이3의 3차 구조에 심각한 변화를 일으켜 기능이 저해될 것이라고 생각된다.