

## 2011학년도 모의논술고사 예시답안(자연계)

### <문제 I-1 예시 답안>

(1)  $\overline{x_1 p} : \overline{p x_2} = m_2 : m_1$  이고  $\overline{x_1 p} = p - x_1$ ,  $\overline{p x_2} = x_2 - p$  이므로  $\frac{p - x_1}{x_2 - p} = \frac{m_2}{m_1}$  이다. 이 식을

정리하면 
$$p = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}.$$

(2) 제시문 (가)에 따르면 세 물체 전체의 질량중심은,  $\frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$  에 위치한 질량  $m_1 + m_2$ 의 물체와  $x_3$ 에 위치한 질량  $m_3$ 의 물체와의 질량중심이다. 즉, 세 물체 전체의 질량중심은

$$\frac{(m_1 + m_2) \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2} + m_3 x_3}{(m_1 + m_2) + m_3} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

이다. 따라서 k개의 물체 전체의 질량중심은  $\frac{m_1 x_1 + \dots + m_k x_k}{m_1 + \dots + m_k}$  임을 추정할 수 있다. k+1

개의 물체의 질량중심은, 앞의 k개의 물체 전체의 질량중심에 위치한 질량  $m_1 + \dots + m_k$  의 물체와  $x_{k+1}$ 에 위치한 질량  $m_{k+1}$ 의 물체와의 질량중심이다. 즉, k+1개의 물체 전체의 질량중심은

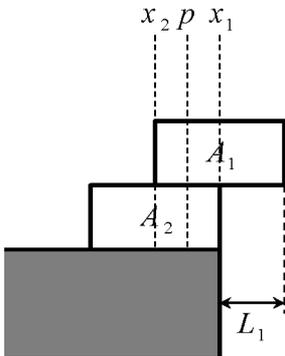
$$\frac{(m_1 + \dots + m_k) \frac{m_1 x_1 + \dots + m_k x_k}{m_1 + \dots + m_k} + m_{k+1} x_{k+1}}{(m_1 + \dots + m_k) + m_{k+1}} = \frac{m_1 x_1 + \dots + m_{k+1} x_{k+1}}{m_1 + \dots + m_{k+1}}$$

이다. 이것은 질량중심의 추정값의 공식의 k+1개의 경우이므로 증명이 끝났다.

(3) 그림 (b)에서  $A_1, A_2$ 의 중심의 위치를 각각  $x_1, x_2$ 라 하면 각 벽돌의 질량이 동일하므로 두 벽돌 전체의 질량중심은  $p = \frac{x_1 + x_2}{2}$ 가 된다. 아래 그림을 참조하면  $A_2$ 를  $x_1 - p$ 만큼

모서리쪽으로 밀 수 있다.  $p$ 가  $x_1, x_2$ 의 평균이므로  $x_1 - p = \frac{1}{2}$ 가 되고 따라서

$$L_2 = L_1 + \frac{1}{2} = 1 + \frac{1}{2} \text{ 이다.}$$



(4) 이 경우는  $A_1, \dots, A_{k-1}$  전체의 질량중심이 위 그림의  $x_1$ 에 위치하고 있는 경우이다. 따라서 탑 전체의 질량중심은  $x_1$ 과  $x_2$ 를 연결하는 선분을  $1:k-1$ 로 내분하는 점에 위치한다. 즉,  $x_1 - p = \frac{1}{k}$ 이므로  $L_k = L_{k-1} + \frac{1}{k}$ 이 된다. 따라서  $L_k = 1 + \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{k}$ .

### <문제 I-2 예시 답안>

(1) 제시문과 문제의 조건에 의해서 금구슬이 바닥에 닿기전에 공에 작용하는 중력과 공기항력이 평형을 이루어 공은 등속도운동을 한다. 따라 공기항력의 크기는 공에 작용하는 중력의 크기와 같다.

$$F_{D, \text{gold}} = m_{\text{gold}}g = (1\text{kg}) \times (10\text{m/s}^2) = 10\text{N}$$

(2) 문제의 조건에 의해서 합금구슬 또한 공기항력에 의해서 바닥에 떨어지기 전에 등속도운동을 하므로, 합금구슬에 작용하는 공기항력의 크기는

$$F_{D, \text{alloy}} = m_{\text{alloy}}g = (0.25\text{kg}) \times (10\text{m/s}^2) = 2.5\text{N}$$

이다. 그런데, 공기항력의 크기는 물체의 이동속력의 제곱에 비례하므로, 금구슬과 합금구슬의 속력비는

$$v_{\text{gold}} : v_{\text{alloy}} = \sqrt{F_{D, \text{gold}}} : \sqrt{F_{D, \text{alloy}}} = 1 : 0.5$$

가 되어, 합금구슬이 바닥에 떨어지기 직전의 속력은

$$v_{\text{alloy}} = v_{\text{gold}}/2 = 20\text{m/s}$$

이다.

(3) 금구슬을  $2^\circ\text{C}$ 만큼 상승시키기 위해서 필요한 열량을 금의 비열과 질량을 이용하여 구하면

$$Q = c_{\text{gold}}m_{\text{gold}}\Delta T = (120\text{J/kg}^\circ\text{C})(1\text{kg})(2^\circ\text{C}) = 240\text{J}$$

이다. 그런데 일-에너지 정리에 의해서 금구슬이 낙하하는 동안에 중력과 공기항력이 한 일의 합이 공의 운동에너지 변화량과 같음을 이용하여 공기항력이 한 일을 구하면,

$$W_D + W_g = \Delta K$$

$$W_D + mgh = \frac{1}{2}mv_{\text{gold}}^2 - 0$$

$$W_D = \frac{1}{2}mv_{\text{gold}}^2 - mgh = \frac{1}{2}(1\text{kg})(40\text{m/s})^2 - (1\text{kg})(10\text{m/s}^2)(200\text{m}) = -1200\text{J}$$

즉, 공기항력은 총 1200J의 일을 하였는데, 이 중에 240J의 에너지가 금구슬을 가열시키는

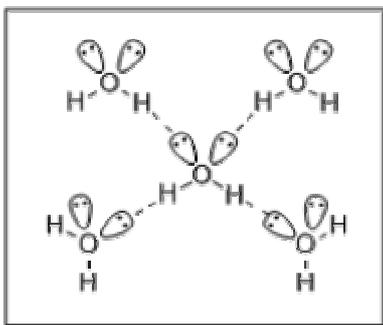
데 사용되었으므로, 20%가 열로 바뀌었다.

(4) 우주탐사선이 자유낙하하여 지상으로 귀환할 때 공기와의 마찰에 의한 속력 감소가 없다면 지상에 도착할 무렵에는 너무나 빠른 속력으로 떨어져 안전하게 착륙할 수가 없다. 따라서, 될 수 있는 한 공기와의 마찰을 증가시켜 중력에 의한 가속을 줄여야 한다. 제시문에 의하면 공기항력의 크기가  $\frac{1}{2}C_pAv^2$ 으로 주어지므로, 우주탐사선이 공기와 닿는 단면적을 넓히거나 또는 몽툰한 모양 쪽으로 낙하하여  $C$ 를 증가시킨다. 공기항력을 증가시키면 그만큼 우주탐사선의 낙하 가속도를 줄일 수 있어서 속력 또한 천천히 증가하여 지상에 도착할 때에 안전한 속력으로 낙하할 수 있다.

또한, 공기항력에 의한 일 중 일부가 우주탐사선을 가열시키기 때문에 이 열에 의해서 탐사선의 온도가 너무 많이 올라가거나 또는 타버리지 않도록 하기 위한 조치가 필요하다. 예를 들면, 우주탐사선 외벽을 비열이 높고 열전도율이 낮은 단열재로 감싸 우주탐사선 내부를 보호할 수 있다.

#### <문제 II-1 예시 답안>

(1) 전자쌍을 강하게 끌어당기는 O에 의해 물 분자 내에서 전하의 분리가 일어나면, 중심 원소인 수소 O는 부분 음전하를, 두 개의 수소 H는 부분 양전하를 띠게 된다. 이와 같은 물 분자 사이의 수소 결합을 전자쌍 개념으로 살펴보면, 부분 음전하를 띠는 산소 O의 비공유 전자쌍을, 다른 물 분자 내에서 부분 양전하를 띠는 수소 H와 공유하면서 수소 결합이 형성됨을 알 수 있다. 즉, 한 개의 물 분자 내에는 부분 음전하를 띠는 O의 비공유 전자쌍 2개와 부분 양전하를 띠는 수소 H 2개가 존재하므로, 총 4 개의 다른 물 분자와 수소 결합을 형성할 수 있음을 알 수 있다. (그림 참조, 점선이 수소 결합에 해당함.)



(2) 새로운 주기율표에서는 7번째마다 물리적, 화학적 성질이 비슷한 원소가 나타난다고 가정하였으므로, 공유결합 물질은 원소의 주위에 전자가 6개로 둘러싸이는 구조를 형성하는 것이 가장 안정한 상태가 될 것이다.

원자번호 8인 산소 O는 Li으로부터 6번째 떨어진 원소이므로, 이미 맨 바깥 껍질에 원자가전자 6개를 가지는 안정한 원소 상태가 되어 더 이상의 원소와 전자를 공유할 필요가 없다. 그러므로 H와 전자를 공유하여 안정한 상태가 되는 물 분자 (H<sub>2</sub>O)는 존재하지 않을 것이다.

(3) (2)에서의 설명에 따라, 수소 2개와 공유결합을 형성하여 원소 주위에 6개의 전자로 둘러싸이는 구조를 형성하려면, 중심 원소는 원자가 전자를 4개 가지고 있어야 하며, 그러한 첫 번째 원소는 C이며, 분자는 CH<sub>2</sub>일 것이다.

만약 새로운 중심 원소 C가 실제 산소 O와 동일하게 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력을 가진다고 하면, 새로운 CH<sub>2</sub> 분자도 물 분자 H<sub>2</sub>O와 같이 수소결합을 형성할 것이나, 주변 분자 4개가 아닌 3개와 수소 결합을 형성할 것이므로 물의 경우보다 수소 결합의 효과가 감소할 것이다.

그러나 새로운 중심 원소 C의 핵전하는 산소 O의 경우보다 작으므로, 공유 전자쌍을 끌어당기는 능력이 떨어져 수소 결합을 형성할 만큼 분자 내부의 전하가 분리 되지 못할 수 있다.

위의 두 가지 설명에 의해 새로운 CH<sub>2</sub> 분자 사이에는 수소 결합에 의한 분자간 결합력이 감소할 것이므로, 실제 물 분자와 같이 끓는점이나 녹는점이 높지 못할 것이고, 실온 상태에서 실제 NH<sub>3</sub>나 CH<sub>4</sub>와 같이 기체로 존재할 것이라 예상할 수 있다.

### <문제 II-2 예시 답안>

(1) 각 돌연변이가 인간 M 단백질의 활성화에 미치는 영향을 알기 위해서는 돌연변이가 발생하기 전의 정상 M 단백질의 아미노산 서열을 알아야 한다. 인간 M 단백질 일부에 해당하는 DNA 염기서열인 5'---AACTACGAAGAGTAAGTAGAAAG---3'로부터 해독될 수 있는 아미노산 서열은 아래와 같이 모두 세 종류이다.

```

5' ---AAC TAC GAA GAG TAA GTA GAA AG---3'
      아스파라긴 티로신 글루탐산 글루탐산 정지코돈
5' ---A ACT ACG AAG AGT AAG TAG AAA G---3'
      트레오닌 트레오닌 리신 세린 리신 정지코돈
5' ---AA CTA CGA AGA GTA AGT AGA AAG---3'
      류신 아르기닌 아르기닌 발린 세린 아르기닌 리신
  
```

M 단백질은 다양한 종의 동물들에서도 존재하며, 위의 DNA 염기서열에 해당하는 아미노산 서열은 M 단백질 활성화에 필수적인 역할을 한다고 하였으므로 이 아미노산 서열은 인간뿐만 아니라 다른 종의 동물에서도 보존되어 있어야 한다. 따라서 먼저 생쥐, 닭, 두꺼비의 DNA 염기서열로부터 아미노산 서열을 해독하면 아래와 같다.

생쥐 M 단백질:

아스파라긴-세린-글루탐산-글루탐산-정지코돈  
트레오닌-글루타민-리신-세린-리신-정지코돈  
류신-아르기닌-아르기닌-발린-세린-아르기닌-리신

닭 M 단백질:

아스파라긴-티로신-글루탐산-글루탐산-정지코돈  
트레오닌-트레오닌-리신-세린-리신-세린-글루타민  
류신-아르기닌-아르기닌-발린-세린-아르기닌-리신

두꺼비 M 단백질:

아스파라긴-정지코돈  
트레오닌-글루탐산-트레오닌-세린-리신-세린-정지코돈  
류신-아르기닌-아르기닌-발린-세린-아르기닌-리신

이중 네 종의 동물에서 모두 일치하는 아미노산 서열은 아래와 같다.

류신-아르기닌-아르기닌-발린-세린-아르기닌-리신

따라서 이 아미노산 서열이 정상 M 단백질의 염기서열에 해당하는 아미노산이다.

돌연변이 가)의 경우, 위의 해독된 정상 아미노산 서열에서 두 번째 아미노산인 아르기닌 코돈 AGA가 AGG로 바뀌었을 때 아미노산은 그대로 아르기닌으로 변함이 없으므로 돌연변이 가)는 M 단백질 활성화에 영향을 주지 않을 것으로 예측된다.

반면 돌연변이 나)의 경우, 여섯 번째 아미노산인 아르기닌 코돈 AGA가 정지코돈인 TGA로 바뀌었고, 이로 인해 돌연변이 나)의 경우 번역과정이 활성화에 필수적인 부위에서 중단되었으므로 정상적인 M 단백질의 활성을 잃어버리거나 정상 M 단백질과는 다른 활성을 가지는 단백질로 바뀌었을 것으로 예측된다.

(2) M 단백질이 R 유전병의 유일한 원인 단백질이라고 하였을 때, M 단백질이 R 유전병을 일으키는 기전은 크게 두 가지의 경우로 나눌 수 있다.

첫째, 문제 (1)에서 돌연변이 나)의 경우에서처럼 단백질의 아미노산 서열에 해당하는 DNA 염기서열에 돌연변이가 발생하여 단백질의 활성화에 중요한 아미노산 서열이 바뀜으로서 유전병이 발생할 수 있으며, 이는 70%의 환자들에게서 보여진 경우와 같다.

둘째, 인간 게놈 프로젝트에서 밝힌 바와 같이 단백질로 발현되는 유전자들은 전체 인간 게놈의 불과 3% 정도만을 차지하고 있다. 즉 나머지 97%속에는 mRNA로 전달되는 유전정보와는 달리 RNA 중합효소가 인식하는 프로모터와 번역과정에 필요한 tRNA 등의 DNA 염기서열이 포함되어 있음을 의미한다. mRNA로 유전정보가 전달되는 DNA 염기서열에 돌연변이가 발생할 수 있듯이 이러한 전체 게놈의 97%에 해당하는 DNA 염기서열에도 돌연변이가 발생할 수 있다. 이때 M 단백질 유전자의 프로모터에 돌연변이가 발생하여 RNA 중합효소가 프로모터를 인식하지 못하게 되면 M 단백질의 mRNA 가닥이 만들어지지 않게 되고, 이는 곧 M 단백질이 생성되지 않음을 의미한다. 이와 같이 아미노산 서열에 해당하는 DNA 염기서열은 정상이지만 유전자를 발현시키는 과정에 필요한 DNA 염기서열에 돌연변이가 발생하면 M 단백질이 정상적으로 발현되지 못함으로써 R 유전병이 발생될 수 있다.