

2015학년도 논술고사 예시답안(자연계II)

문제 II-과학-물리

[문제 II-1]

(1) 상자가 이동하여 용수철과 충돌하면서 상자의 운동에너지가 용수철의 위치에너지로 변환이 되므로, $K_{\text{상자}} = \frac{1}{2} m_{\text{상자}} v_{\text{상자}}^2 = \frac{1}{2} \times 1(\text{kg}) \times (2(\text{m/s}))^2 = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 4(\text{N/m}) \times x^2 = 2(\text{J})$ 로 주어진다.

여기서 용수철의 변위의 크기 $x = 1(\text{m})$ 를 얻게 된다.

상자가 용수철과 충돌한 후 순간속도가 0이 되는 데 걸리는 시간($t_{\text{충돌후}}$)은 상자가 용수철에 작용할 때의 1/4 주기에 해당하므로,

$$t_{\text{충돌후}} = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4} \sqrt{\frac{m_{\text{상자}}}{k}} = \frac{2 \times 3}{4} \sqrt{\frac{1(\text{kg})}{4(\text{N/m})}} = \frac{3}{4}(\text{s}) \text{로 주어진다.}$$

$$\text{평균 속도는 } v_{\text{평균}} = \frac{s_{\text{충돌전}} + s_{\text{충돌후}}}{t_{\text{충돌전}} + t_{\text{충돌후}}} = \frac{s_{\text{충돌전}} + x}{s_{\text{충돌전}}/v_{\text{충돌전}} + T/4} = \frac{2+1}{1+3/4} = \frac{12}{7}(\text{m/s}) \text{를 얻게 된다.}$$

(2) 상자가 갑자기 정지할 경우 상자와 함께 등속도 운동하고 있는 추는 단진자 운동을 하게 된다. 이 단진자 운동에서 추가 최고높이에 도달하는 순간, 추의 위치에너지는 상자가 정지하기 전 추의 운동에너지와 같다.

$$\text{즉, } U_{\text{추}} = mgh = K_{\text{추}} = \frac{1}{2} mv^2 = 1(\text{kg}) \times 10(\text{m/s}^2) \times 0.1(\text{m}) = \frac{1}{2} \times 1(\text{kg}) \times v^2 = 1(\text{J}) \text{로부터}$$

상자의 속도 $v = \sqrt{2}(\text{m/s})$ 임을 알 수 있다.

또한, 단진자의 주기를 3초로 만들기 위해서는 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2 \times 3 \times \sqrt{\frac{l}{10}} = 3(\text{s})$ 으로부터 $l = 2.5\text{m}$ 을 얻을 수 있다. 즉, 단진자의 실의 길이 $2.5(\text{m})$ 로 두면 된다.

[문제 II-2]

(1) 평행판 축전기의 전기 용량은 $\epsilon_0 \times \frac{S(\text{축전기의 면적})}{d(\text{전극판 사이의 거리})}$ 이므로 전극판 사이의 거리를 3배로 증가 시키면 축전기의 전기 용량은 $\frac{1}{3}C$ 이다. 따라서 병렬 연결된 두 축전기의 전체 전기 용량은

$$C + \frac{1}{3}C = \frac{4}{3}C \text{ 이다. 두 축전기에 충전된 전체 전하량 } 2Q = \frac{4}{3}CV \text{ 이므로 } V = \frac{3Q}{2C} \text{ 이다.}$$

두 축전기를 도선으로 연결시킨 후의 전기 에너지 $U = \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3}C\right) V^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3}C\right) \times \left(\frac{9Q^2}{4C^2}\right) = \frac{3}{2} \frac{Q^2}{C}$ 이다.

$$\text{초기 두 축전기의 전기 에너지 } U_0 = 2 \times \left(\frac{Q^2}{2C}\right) = \frac{Q^2}{C} \text{ 이다.}$$

그러므로 필요한 일 $W = U - U_0 = \frac{3Q^2}{2C} - \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ 이다.

(2) 가변저항이 R일 때, 직렬 연결된 저항값이 같으므로 각 저항에 4V의 전압이 걸린다. 이 때 병렬로 연결된 축전기에도 같은 전압이 걸리게 되므로 축전기 A, B에 각각 4V씩 전압이 걸린다. 따라서 축전기 A에 충전된 전하량 $Q_A = 30 \times 10^{-6} \text{F} \times 4 \text{V} = 1.2 \times 10^{-4} \text{C}$ 이고 축전기 B에 충전된 전하량 $Q_B = 40 \times 10^{-6} \text{F} \times 4 \text{V} = 1.6 \times 10^{-4} \text{C}$ 이다.

가변저항이 3R일 때, 직렬 연결된 저항의 비가 1:3이 되어 R과 3R인 저항에 각각 2V와 6V의 전압이 걸리게 되므로 축전기 A에는 2V의 전압이 걸리고 축전기 B에는 6V의 전압이 걸린다. 따라서 축전기 A에 저장된 전기 에너지 $U_A = \frac{1}{2} \times 30 \times 10^{-6} \text{F} \times (2 \text{V})^2 = 6 \times 10^{-5} \text{J} (= 60 \mu\text{J})$ 이고 축전기 B에 저장된

전기 에너지 $U_B = \frac{1}{2} \times 40 \times 10^{-6} \text{F} \times (6 \text{V})^2 = 7.2 \times 10^{-4} \text{J} (= 720 \mu\text{J})$ 이다.