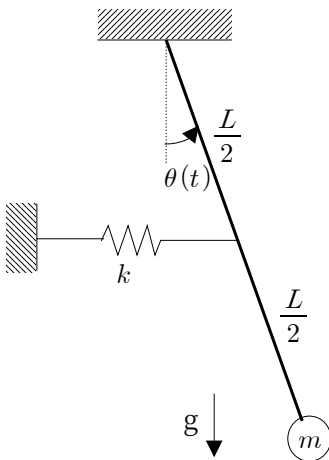


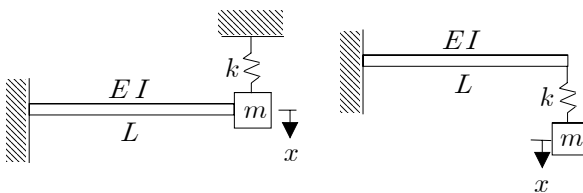
1.[2점] 기계공학(mechanical engineering)과 기계진동학(mechanical vibration)의 공통점은 무엇인가? (두 문장 이내로 서술)

2.[4점] 그림과 같이, 길이가  $L$ 이고 질량을 무시할 수 있는 강체 막대의 중앙에 스프링(강성  $k$ )이 연결되어 있고, 막대의 한 쪽 끝에 집중 질량  $m$ 이 매달려 있다. 막대가 수직으로 놓여 있을 때 스프링은 변형이 없는 상태이다. 막대의 다른 쪽 끝을 중심으로 작은 진폭의 단진자 운동을 할 때, 에너지방법을 사용하여 운동방정식을 유도하고, 고유진동수  $\omega_n$ 을 표현하라.



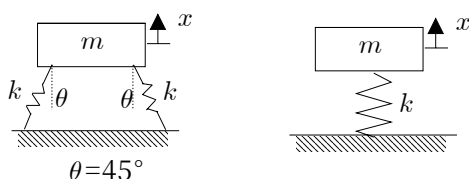
3.[6점] 다음 그림과 같은 1자유도계 짝들에서 자유진동의 주기가 같은 짝에 O표, 주기가 다른 짝에 X표를 ( )안에 하되, 판단 근거를 제시하라. (답도 맞고 판단 근거도 타당해야만 득점)

(a) ( )



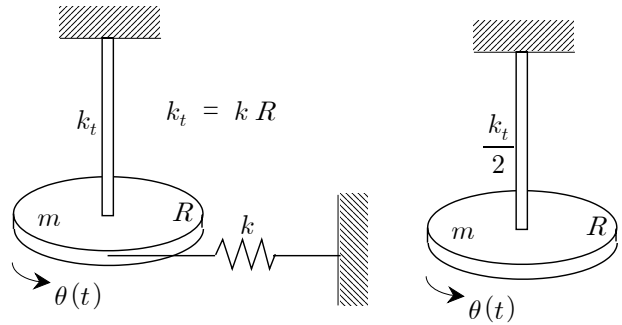
판단 근거:

(b) ( )



판단 근거 :

(c) ( )



판단 근거 :

4.[6점] Consider the free vibration of a 1 DOF(one degree-of-freedom) spring-mass-damper system.

(a) The system has mass of 4.75 kg, damping coefficient of 253 N/(m/s), and stiffness of 7810 N/m. Calculate the undamped natural frequency  $f_n$  in Hz, and period  $T$  in s.

(b,c) The free response has the following form.

$$x(t) = A e^{-\zeta \omega_n t} \cos(\omega_d t + \phi)$$

For the system with  $\omega_n = 845$  rad/s and  $\zeta = 0.285$ , determine  $A$  in mm and  $\phi$  in radian when the initial displacement  $x_0$  is -3.48 mm and the initial velocity  $v_0$  is 5230 mm/s.

5.[4점] 1자유도 비감쇠 계의 운동방정식  $m \ddot{x}(t) + k x(t) = 0$  의 해(solution)를 구하면 다음과 같다.

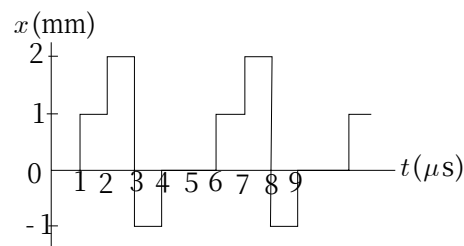
$$x(t) = A_1 \cos \omega_n t + A_2 \sin \omega_n t$$

이를 다음과 같이 하나의 함수로 표현하고자 한다.

$$x(t) = B \cos(\omega_n t + \beta)$$

$B$ 와  $\beta$ 는  $A_1, A_2$ 와 어떤 관계식을 갖는지 유도하라.

6.[4점] (a) 다음과 같이 관찰된 진동변위 신호의 rms (root-mean-squared) 진폭  $x_{rms}$ 를 계산하라.



(b) 어떤 모터를 가동할 때, 2 m 떨어진 지점에서의 음압은 0.796 Pa이고 5 m 떨어진 지점에서의 음압은 0.112 Pa로 측정되었다. 사람의 귀가 감지할 수 있는 최소 음압은  $2 \times 10^{-5}$  Pa이라고 한다. 2 m 떨어진 지점에서의 음압은 몇 dB이고, 이는 5 m 떨어진 지점에서의 음압과 몇 dB 차이인가?

1. (서술)

예: 기계공학은 역학(mechanics)에 의한 설계와 생산을 다루는 학문이고, 기계진동학은 기계공학의 한 분야로서 역학적 에너지의 반복적인 변환을 다루는 학문이므로, 이 두 가지의 공통점은 역학의 응용이다.

$$2. \quad T = \frac{1}{2} m (L \dot{\theta})^2 = \frac{1}{2} m L^2 \dot{\theta}^2$$

$$U_{grav} = m g L (1 - \cos \theta)$$

$$U_{spring} = \frac{1}{2} k \left( \frac{L}{2} \sin \theta \right)^2 \approx \frac{1}{2} k \left( \frac{L}{2} \right)^2 \theta^2$$

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{1}{2} m L^2 \dot{\theta}^2 + m g L (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} k \frac{L^2}{4} \theta^2 \right] = 0$$

$$\Rightarrow m L^2 \dot{\theta} \ddot{\theta} + m g L \sin \theta \dot{\theta} + k \frac{L^2}{4} \theta \dot{\theta} = 0, \quad \theta \approx 0 \text{ 일 때 } \sin \theta \approx \theta$$

$$\Rightarrow m L \ddot{\theta} + m g \theta + k \frac{L}{4} \theta = 0$$

$$\Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{m g + \frac{k L}{4}}{m L} \theta = 0, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{m g + \frac{k L}{4}}{m L}} = \sqrt{\frac{g}{L} + \frac{k}{4 m}}$$

$$3. (a) \quad X \quad \text{Left } k_{eq} = \frac{3EI}{L^3} + k, \quad \text{Right } k_{eq} = \frac{1}{\frac{L^3}{3EI} + \frac{1}{k}}$$

$$(b) \quad O \quad k_{eq} = 2 k \cos^2 45^\circ = 2 k \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 = k$$

$$(c) \quad X \quad k_1 + k_2 > \frac{1}{2} k_1$$

$$4. (a) \quad m = 4.75 \text{ kg}, \quad c = 253 \text{ N/(m/s)}, \quad k = 7,810 \text{ N/m}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{7,810 \text{ N/m}}{4.75 \text{ kg}}} = 40.54 \text{ rad/s}$$

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi \text{ rad}} = \frac{40.54 \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad}} = 6.45 \text{ Hz}$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{mk}} = \frac{253 \text{ N/(m/s)}}{2\sqrt{(4.75 \text{ kg})(7,810 \text{ N/m})}} = 0.657$$

$$\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n = \sqrt{1 - (0.657)^2} (40.54 \text{ rad/s}) = 30.6 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi \text{ rad}}{\omega_d} = \frac{2\pi \text{ rad}}{30.6 \text{ rad/s}} = 0.205 \text{ s}$$

$$(b,c) \quad \dot{x}(t) = A e^{-\zeta \omega_n t} [-\zeta \omega_n \cos(\omega_d t + \phi) - \omega_d \sin(\omega_d t + \phi)]$$

$$\zeta \omega_n = (0.285) (845 \text{ rad/s}) = 240.83 \text{ rad/s}$$

$$\omega_d = \sqrt{1 - 0.285^2} (845 \text{ rad/s}) = 809.9 \text{ rad/s}$$

$$x(0) = A \cos \phi = -3.48 \text{ mm} < 0$$

$$\dot{x}(0) = A [-\zeta \omega_n \cos \phi - \omega_d \sin \phi] = 5,230 \text{ mm/s}$$

$$\begin{aligned} A \sin \phi &= \frac{-5,230 \text{ mm/s} - \zeta \omega_n A \cos \phi}{\omega_d} \\ &= \frac{-5,230 \text{ mm/s} - (240.83 \text{ rad/s})(-3.48 \text{ mm})}{809.9 \text{ rad/s}} = -5.422 \text{ mm} < 0 \end{aligned}$$

$$A = \sqrt{(-3.48 \text{ mm})^2 + (-5.42 \text{ mm})^2} = 6.44 \text{ mm}$$

$$\sin \phi < 0, \quad \cos \phi < 0 \quad \Rightarrow \quad 3/4 \text{ 분면}$$

$$\phi' = \tan^{-1} \frac{-5.42}{-3.48} = \tan^{-1}(1.557) = 1.00 \text{ rad}$$

$$\phi = \phi' + \pi = 4.14 \text{ rad}$$

$$\phi' - \pi = -2.14 \text{ rad}$$

$$5. \quad x(t) = B \cos \beta \cos \omega_n t - B \sin \beta \sin \omega_n t$$

$$= B \cos(\beta + \omega_n t) = B \cos(\omega_n t + \beta)$$

$$A_1 = B \cos \beta \quad \cdots \text{ ①}$$

$$A_2 = -B \sin \beta \quad \cdots \text{ ②}$$

$$\text{①}^2 + \text{②}^2 \quad A_1^2 + A_2^2 = B^2 \quad \Rightarrow \quad B = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$$

$$\text{①} \div \text{②} \quad \frac{A_2}{A_1} = -\tan \beta \quad \Rightarrow \quad \beta = \tan^{-1} \left( \frac{-A_2}{A_1} \right)$$

$$6. (a) \quad T = 5 \mu s, \quad 1^2 + 2^2 + (-1)^2 + 0 + 0 = 6$$

$$\frac{6}{5} = 1.2$$

$$\sqrt{\frac{6}{5}} = \sqrt{1.2} = 1.095 \text{ mm} (\approx 1.10 \text{ mm})$$

$$(b) \quad 20 \log_{10} \frac{0.796}{2 \times 10^{-5}} = 92 \text{ dB}$$

$$20 \log_{10} \frac{0.796}{0.112} = 17 \text{ dB}$$