

## Chapter 15: Oscillations — 연습문제

---

### 문제 1 [계산]

용수철 상수  $k = 150 \text{ N/m}$ 인 용수철에 질량  $m = 0.60 \text{ kg}$ 인 물체가 연결되어 마찰 없는 수평면 위에서 진동한다. 진폭은  $x_m = 0.12 \text{ m}$ 이다.

- (a) 각진동수  $\omega$ , 주기  $T$ , 진동수  $f$ 를 구하시오.
  - (b) 최대 속력  $v_m$ 과 최대 가속도  $a_m$ 을 구하시오.
  - (c) 물체가 평형 위치에서  $x = 0.080 \text{ m}$ 인 지점을 지날 때의 속력을 구하시오.
- 

### 문제 2 [계산]

질량  $m = 0.50 \text{ kg}$ 인 물체가 용수철( $k = 200 \text{ N/m}$ )에 연결되어 단순조화운동을 한다.  $t = 0$ 일 때 물체의 위치는  $x(0) = -0.040 \text{ m}$ 이고, 속도는  $v(0) = +1.2 \text{ m/s}$ 이다.

- (a) 각진동수  $\omega$ 를 구하시오.
  - (b) 진폭  $x_m$ 을 구하시오.
  - (c) 위상 상수  $\phi$ 를 구하시오. (단,  $x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$ 를 사용)
- 

### 문제 3 [유도]

용수철-질량 계에서 SHM의 **역학적 에너지가 보존됨**을 다음 과정으로 증명하시오.

- (a)  $x(t) = x_m \cos(\omega t + \phi)$ 와  $v(t) = -\omega x_m \sin(\omega t + \phi)$ 를 이용하여 퍼텐셜에너지  $U = \frac{1}{2}kx^2$ 와 운동에너지  $K = \frac{1}{2}mv^2$ 를 시간의 함수로 표현하시오.
  - (b) 전체 역학적 에너지  $E = K + U$ 를 계산하고, 이것이 시간에 무관한 상수  $\frac{1}{2}kx_m^2$ 임을 보이시오. (힌트:  $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ 과  $m\omega^2 = k$  사용)
  - (c) 에너지 보존으로부터 위치  $x$ 에서의 속력  $v = \pm\omega\sqrt{x_m^2 - x^2}$ 를 유도하시오.
- 

### 문제 4 [계산]

길이  $L = 2.0 \text{ m}$ 인 단진자가 작은 각도로 진동하고 있다.

- (a) 이 단진자의 주기  $T$ 를 구하시오.
  - (b) 같은 장소에서 주기가 정확히  $1.00 \text{ s}$ 인 단진자를 만들려면 줄의 길이를 얼마로 해야 하는지 구하시오.
  - (c) 이 단진자를 달 표면( $g_{\text{moon}} = 1.63 \text{ m/s}^2$ )으로 가져가면 주기는 얼마가 되는지 구하시오.
- 

### 문제 5 [유도]

길이  $L$ , 질량  $M$ 인 균일한 막대를 한쪽 끝에서 매달아 물리 진자로 사용한다.

- (a) 피벗에 대한 관성모멘트를 평행축 정리를 사용하여 구하시오. ( $I_{\text{com}} = \frac{1}{12}ML^2$ )

(b) 물리 진자의 주기 공식  $T = 2\pi\sqrt{I/(Mgh)}$ 를 적용하여 이 막대의 진동 주기가  $T = 2\pi\sqrt{2L/(3g)}$ 임을 유도하시오.

(c) 이 물리 진자와 같은 주기를 갖는 단진자의 길이  $L_0$ 를  $L$ 로 표현하시오. 이  $L_0$ 를 물리 진자의 **진동 중심까지의 거리**라 한다.

---

### 문제 6 [개념+계산]

감쇠진동자의 질량은  $m = 0.25$  kg, 용수철 상수는  $k = 85$  N/m, 감쇠 상수는  $b = 0.070$  kg/s이다.

(a) 이 계가 약감쇠(underdamped)인지 확인하시오. (조건:  $b < 2\sqrt{km}$ )

(b) 감쇠 각진동수  $\omega'$ 을 구하고, 비감쇠 각진동수  $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ 과 비교하시오.

(c) 진폭이 초기값의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 구하시오. (힌트: 진폭  $\propto e^{-bt/2m}$ )

(d) 역학적 에너지가 초기값의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 구하시오.

---

### 문제 7 [개념+계산]

강제진동과 공명에 대한 다음 물음에 답하시오.

(a) 고유 진동수가  $f_0 = 5.0$  Hz인 용수철-질량 계에 외부 구동력  $F(t) = F_0 \cos(\omega_d t)$ 를 가한다. 공명이 일어나려면 구동 각진동수  $\omega_d$ 를 얼마로 설정해야 하는지 구하시오.

(b) 감쇠가 없는 이상적인 경우, 공명 시 진폭이 이론적으로 어떻게 되는지 설명하시오.

(c) 실제로 감쇠가 있을 때, 감쇠 상수  $b$ 가 커지면 공명 곡선(진폭 vs  $\omega_d$  그래프)이 어떻게 변하는지 정성적으로 설명하시오.

(d) 타코마 내로우즈 다리(1940년)의 붕괴를 공명의 관점에서 간단히 설명하시오.