

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

1. 뉴턴의 운동 제1법칙에 따르면, 움직이는 물체는 그 속도를 일정하게 유지하려고 한다. 그러나 우리 주위에서는 대부분 움직이는 물체가 서서히 멈추어 서게 되는데, 그 이유는 무엇인지 설명하여라.

저항력, 마찰력 등의 영향

2. 100 N의 힘을 1.00 kg과 1.00 g에 각각 가했을 때, 각 물체의 가속도는 얼마인가?

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1} = \frac{100 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 100 \text{ N/kg} = 100 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = \frac{F}{m_2} = \frac{100 \text{ N}}{0.001 \text{ kg}} = 100000 \text{ N/kg} = 100,000 \text{ m/s}^2$$

3. 마찰을 무시할 수 있는 수평트랙 위에 정지해 있던 2.00 kg 물체에 50.0 N의 힘을 수평 방향으로 3.00 s 동안 가했다. 이후 물체는 직선운동을 한다. 다음을 구하여라.

(가) 이 힘으로 인한 물체의 가속도

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{50.0 \text{ N}}{2.00 \text{ kg}} = 25.0 \text{ N/kg} = 25.0 \text{ m/s}^2$$

(나) 초기 3.00 s 동안 속력-시간, 이동거리-시간의 관계식

$$v = v_0 + at = at = 25.0 \times t = 25.0 t$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$\Rightarrow \quad d = x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 25.0 \times t^2 = 12.5 t^2$$

(다) 이후 직선운동을 할 때 가속도와 속력

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m} = \frac{0 \text{ N}}{2.00 \text{ kg}} = 0 \text{ N/kg} = 0 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + at = at = 25.0 \text{ m/s}^2 \times 3.00 \text{ s} = 75.0 \text{ m/s}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

4. 화물이 실린 어떤 비행기의 무게가  $2.75 \times 10^6 \text{ N}$  이다. 그 비행기의 엔진 추진력이  $6.35 \times 10^6 \text{ N}$  이라면 최저 이륙속력인  $285 \text{ km/h}$  에 도달하기 위해 필요한 활주로의 길이는 최소 얼마인가?

$$W = mg = 2.75 \times 10^6 \text{ N}$$

$$F = 6.35 \times 10^6 \text{ N}$$

$$v = 285 \text{ km/h} = 285 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \approx 79.2 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Fg}{mg} = \frac{Fg}{W}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$\begin{aligned} v^2 = 0 + 2a(x - 0) \quad \Rightarrow \quad x &= \frac{v^2}{2a} = \frac{v^2}{2Fg/W} = \frac{v^2 W}{2Fg} \\ &= \frac{(79.2 \text{ m/s})^2 \times 2.75 \times 10^6 \text{ N}}{2 \times 6.35 \times 10^6 \text{ N} \times 9.8 \text{ m/s}^2} \approx 138.5 \text{ m} \end{aligned}$$

5. 질량이  $3 \text{ kg}$ 인 물체에 총 4가지 힘이 작용할 때 물체의 가속도가  $\vec{a} = (5\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}) \text{ m/s}^2$  로 표현된다.  $\vec{F}_1 = (25\hat{i} - 12\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ N}$ ,  $\vec{F}_2 = (10\hat{i} + 8\hat{j} - 9\hat{k}) \text{ N}$ ,  $\vec{F}_3 = (-8\hat{i} - 4\hat{j} + 6\hat{k}) \text{ N}$  일 때 네 번째 힘을 구하여라.

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 \\ &= (25\hat{i} - 12\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ N} + (10\hat{i} + 8\hat{j} - 9\hat{k}) \text{ N} + (-8\hat{i} - 4\hat{j} + 6\hat{k}) \text{ N} + (x_4\hat{i} + y_4\hat{j} + z_4\hat{k}) \text{ N} \\ &= (25 + 10 - 8 + x_4)\hat{i} \text{ N} + (-12 + 8 - 4 + y_4)\hat{j} \text{ N} + (5 - 9 + 6 + z_4)\hat{k} \text{ N} \\ &= (27 + x_4)\hat{i} \text{ N} + (-8 + y_4)\hat{j} \text{ N} + (2 + z_4)\hat{k} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= 3 \text{ kg} \times (5\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}) \text{ m/s}^2 \\ &= (15\hat{i} + 9\hat{j} - 12\hat{k}) \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma \vec{F} = (27 + x_4)\hat{i} \text{ N} + (-8 + y_4)\hat{j} \text{ N} + (2 + z_4)\hat{k} \text{ N} = (15\hat{i} + 9\hat{j} - 12\hat{k}) \text{ N} = m\vec{a}$$

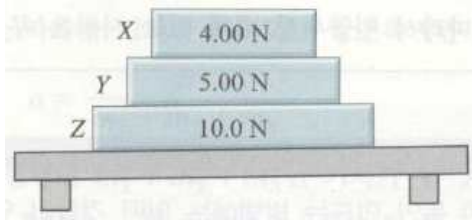
$$\Rightarrow \quad 27 + x_4 = 15, \quad -8 + y_4 = 9, \quad 2 + z_4 = -12$$

$$\Rightarrow \quad x_4 = -12, \quad y_4 = 17, \quad z_4 = -14$$

$$\vec{F}_4 = (-12\hat{i} + 17\hat{j} - 14\hat{k}) \text{ N}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

6. 세 권의 책(X, Y, Z)이 책상 위에 놓여 있다. X의 무게는 4.00 N, Y의 무게는 5.00 N, Z의 무게는 10.0 N이다. Y에 작용하는 알짜힘은 얼마인가?



(Y는 정지해 있으므로  $\vec{a} = 0 \text{ m/s}^2$ )

$$\vec{F} = m\vec{a} = 0 \text{ N}$$

7. 어떤 물체와 바닥면과의 정지마찰계수가 얼마인가를 측정하기는 쉽다. 바닥면 위에 어떤 물체를 놓고 바닥면 한쪽을 천천히 들어 올렸더니, 어느 각도에 이르러 물체가 미끄러져 내리기 시작하였다. 그 각도를  $\theta_0$ 라 할 때, 정지마찰계수는 얼마인가?

$$f_s = f_{s, \max} = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta_0$$

$$mg \sin \theta_0 - \mu_s mg \cos \theta_0 = 0 \quad \Rightarrow \quad mg \sin \theta_0 = \mu_s mg \cos \theta_0$$

$$\Rightarrow \quad \mu_s = \frac{\sin \theta_0}{\cos \theta_0} = \tan \theta_0$$

8. 질량이  $m$ 인 물체를 줄로 연결하여  $x$ 축 양의 방향으로부터  $\theta$ 만큼 경사진 각도로 잡아 당긴다. 정지마찰계수가  $\mu_s$ 일 때, 물체를 움직이려면 필요한 최소 줄의 장력을 구하여라.

$$\Sigma F_y = T \sin \theta + N - mg = 0 \quad \Rightarrow \quad N = mg - T \sin \theta$$

$$\Sigma F_x = T \cos \theta - f_s = T \cos \theta - \mu_s N = T \cos \theta - \mu_s (mg - T \sin \theta) = 0$$

$$\Rightarrow \quad T \cos \theta - \mu_s (mg - T \sin \theta) = 0$$

$$\Rightarrow \quad T \cos \theta - \mu_s mg - \mu_s T \sin \theta = 0$$

$$\Rightarrow \quad T(\cos \theta - \mu_s \sin \theta) = \mu_s mg$$

$$\Rightarrow \quad T = \frac{\mu_s mg}{\cos \theta - \mu_s \sin \theta}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

9. 자동차가 움직일 때 작용하는 마찰력에 관한 것이다. 다음 물음에 답하여라.

(가) 자동차 타이어는 지표면과 마찰을 이용해서 운동을 하는데, 대개 어떤 마찰력인가?

정지마찰력

(나) 운동마찰력과 정지마찰력의 크기를 비교하여, 감속이나 가속할 때 더 유용한 것은 어느 것인가? 그 이유를 설명하여라.

$$\mu_s > \mu_k \Rightarrow f_s > f_k \quad \text{정지마찰력}$$

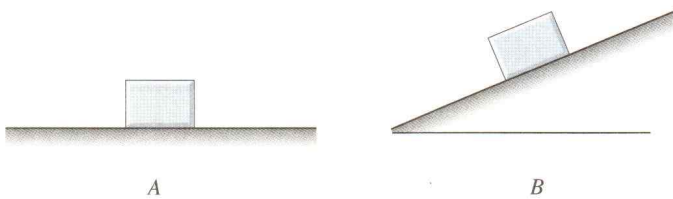
(다) 자동차의 질량  $m$ , 운동마찰계수  $\mu_k$ , 정지마찰계수  $\mu_s$ , 지구의 중력가속도  $g$ 일 때, 자동차의 ABS 제동 시스템을 설계하고자 한다. 이 제동 시스템을 작동시키는 기준이 되는 마찰력의 크기를 구하여라. (ABS는 자동차가 감속할 때, 타이어가 지표면에서 미끄러지는 것을 방지하는 시스템이다.)

$$-f_s = -\mu_s N = -\mu_s mg \quad \text{마찰력의 크기 : } \mu_s mg$$

$$\Sigma F = -f_s = -\mu_s N = -\mu_s mg = ma \Rightarrow a = -\mu_s g$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \Rightarrow d = x - x_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = -\frac{v_0^2}{2a} = -\frac{v_0^2}{2(-\mu_s g)} = \frac{v_0^2}{2\mu_s g}$$

10. 그림의 A와 같이 널빤지 위에 무게 2.00 N인 상자가 놓여 있다. 이제 널빤지를 B와 같이 기울여 지면과  $45^\circ$ 의 각도를 이룰 때, 상자가 미끄러지기 시작하였다. 널빤지가 지면과 나란한 A의 상황에서 상자를 움직이는 최소 힘은 얼마인가?



$$B \text{ 상황에서 } \Sigma F_y = N_B - mg \cos \theta = 0 \Rightarrow N_B = mg \cos \theta$$

$$\Sigma F_x = f_s - mg \sin \theta = 0$$

$$f_s = mg \sin \theta \leq f_{s_{\max}} = \mu_s N_B = \mu_s mg \cos \theta$$

$$f_{s_{\max}} = \mu_s N_B = \mu_s mg \cos \theta_0 = mg \sin \theta_0$$

$$\Rightarrow \mu_s = \frac{\sin \theta_0}{\cos \theta_0} = \tan \theta_0 = \tan 45^\circ = 1$$

$$A \text{ 상황에서 } f_{s_{\max}} = \mu_s N_A = \mu_s mg = 1 \times 2.00 \text{ N} = 2.00 \text{ N}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

11. 질량 5.00 kg의 물체가 지표면에 놓여 있다.

(가) 이 물체에 작용하는 수직항력은 얼마인가? 수직항력은 왜 나타나는지 설명하여라.

$$N = mg = 5.00 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 49.0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 49.0 \text{ N}$$

물체가 지표면을 누르는 힘에 대한 반작용으로  
지표면도 물체를 떠받치는 힘이 작용한다.

(나) 만약 수직항력이 없다면, 물체는 어떻게 되는지 예상해 보아라.

중력에 의해 중력가속도로 가속운동한다.

(다) 이 물체를 수평방향으로 힘을 가해 끌고 가고 있을 때, 작용하는 운동마찰력을 구하여라. (운동마찰계수  $\mu_k = 0.1$ )

$$f_k = \mu_k N = \mu_k mg = 0.1 \times 5.00 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 4.90 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 4.90 \text{ N}$$

(라) 친구가 이 물체 위를 힘 49.0 N으로 누를 때, 운동마찰력을 구하고, 결과를 (다)와 비교하여라.

$$\begin{aligned} f_k &= \mu_k N = \mu_k (mg + F) = 0.1 \times (5.00 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 + 49.0 \text{ N}) \\ &= 0.1 \times (49.0 \text{ N} + 49.0 \text{ N}) = 0.1 \times 98.0 \text{ N} = 9.80 \text{ N} \end{aligned}$$

질량 10.0 kg의 물체가 지표면에 놓여 있을 때의 운동마찰력과 같다.

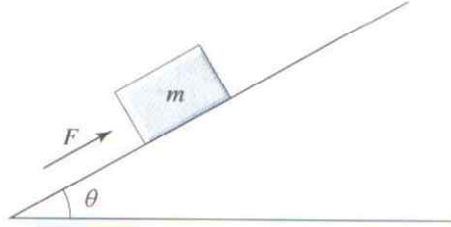
(다)의 두 배이다.

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

12. 그림과 같이 각도  $\theta$ 로 경사진 빗면에 질량이  $m$ 인 물체가 놓여 있다.

물체와 면 사이의 정지마찰계수는  $\mu_s$ 이고, 운동마찰계수는  $\mu_k$ 이다.

이때 빗면과 평행하게 크기가  $F$ 인 힘을 가한다.



(가)  $F=0$ 이면 물체가 미끄러져 내려온다. 이 물체가 미끄러지지 않게 하려면  $F$ 는 최소 얼마여야 하는가?

$$N - mg \cos \theta = 0 \Rightarrow N = mg \cos \theta$$

$$F - mg \sin \theta + \mu_s N = 0$$

$$F - mg \sin \theta + \mu_s mg \cos \theta = 0 \Rightarrow F = mg \sin \theta - \mu_s mg \cos \theta = mg(\sin \theta - \mu_s \cos \theta)$$

(나) 이 물체가 빗면의 위쪽으로 가속도의 크기가  $a$ 로 미끄러져 올라가고 있다면, 이때 가해진 힘의 크기  $F$ 는?

$$F - mg \sin \theta - \mu_k N = ma$$

$$F - mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma \Rightarrow F = ma + mg \sin \theta + \mu_k mg \cos \theta = ma + mg(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)$$

13. 질량이 100 kg인 물체에 질량이 10.0 kg인 밧줄을 연결하여 수평 방향으로 110 N의 힘으로 끌고 있다.

(가) 물체에 작용하는 힘은 얼마인가?

$$F_1 = m_1 a_1 \quad F - F_1 = m_2 a_2 \quad (a = a_1 = a_2) \quad \text{두 운동방정식을 더하면}$$

$$F = (m_1 + m_2) a \Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{110 \text{ N}}{100 \text{ kg} + 10.0 \text{ kg}} = \frac{110 \text{ N}}{110 \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = m_1 a = 100 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ N}$$

(나) 밧줄의 중간 부분에 작용하는 장력은 얼마인가?

$$F_2 = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) a \quad F - F_2 = \frac{m_2}{2} a \quad (a = a_1 = a_2) \quad \text{두 운동방정식을 더하면}$$

$$F = (m_1 + m_2) a \Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{110 \text{ N}}{100 \text{ kg} + 10.0 \text{ kg}} = \frac{110 \text{ N}}{110 \text{ kg}} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$F_2 = F - \frac{m_2}{2} a = 110 \text{ N} - \frac{10.0 \text{ kg}}{2} \times 1 \text{ m/s}^2 = 110 \text{ N} - 5.0 \text{ N} = 105 \text{ N}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

14. 질량이 2 kg인 물체에 총 4가지 힘이 작용한다고 가정하자.  $\vec{F}_1$ 의 크기는 5 N이고 방향은  $x$  축 양의 방향으로부터 시계방향으로  $30^\circ$  만큼 돌아가 있다.  $\vec{F}_2$ 의 크기는 8 N이고 방향은  $x$  축 음의 방향으로부터 시계방향으로  $60^\circ$  만큼 돌아가 있다.  $\vec{F}_3$ 의 크기는 4 N이고 방향은  $x$  축 음의 방향으로부터 반시계방향으로  $45^\circ$  만큼 돌아가 있다.

(가) 물체가 정지해 있을 때 네 번째 힘을 구하여라.

$$F_{1x} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N}, \quad F_{2x} = -4 \text{ N}, \quad F_{3x} = -2\sqrt{2} \text{ N}, \quad F_{4x}$$

$$F_{1y} = -\frac{5}{2} \text{ N}, \quad F_{2y} = 4\sqrt{3} \text{ N}, \quad F_{3y} = -2\sqrt{2} \text{ N}, \quad F_{4y}$$

$$F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N} - 4 \text{ N} - 2\sqrt{2} \text{ N} + F_{4x} = 0$$

$$\Rightarrow F_{4x} = -\frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N} + 4 \text{ N} + 2\sqrt{2} \text{ N} \approx 2.45 \text{ N}$$

$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = -\frac{5}{2} \text{ N} + 4\sqrt{3} \text{ N} - 2\sqrt{2} \text{ N} + F_{4y} = 0$$

$$\Rightarrow F_{4y} = \frac{5}{2} \text{ N} - 4\sqrt{3} \text{ N} + 2\sqrt{2} \text{ N} = -1.60 \text{ N}$$

(나) 물체의 속도가  $\vec{v} = -5.0\hat{i} + 7.0\hat{j}$  일 때 네 번째 힘을 구하여라.

(가)의 정지한 경우와 (나)의 등속도 운동 하는 경우는

둘 다 가속도가 0인 경우이고 둘 다 합력이 0인 경우이므로 네 번째 힘은 동일하다.

$$F_{x4} \approx 2.45 \text{ N}, \quad F_{y4} \approx -1.60 \text{ N}$$

(다) 물체의 속도가  $\vec{v} = -3.0t\hat{i} + 2.0t\hat{j}$  일 때 네 번째 힘을 구하여라.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -3.0\hat{i} + 2.0\hat{j} \quad \Rightarrow \quad a_x = -3.0 \text{ m/s}^2, \quad a_y = 2.0 \text{ m/s}^2$$

$$F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N} - 4 \text{ N} - 2\sqrt{2} \text{ N} + F_{4x} = 2 \text{ kg} \times (-3.0 \text{ m/s}^2) = ma_x$$

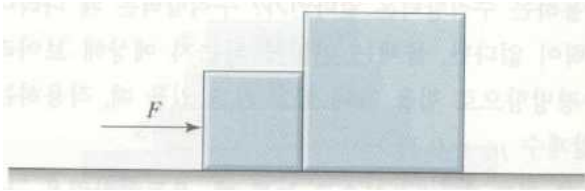
$$\Rightarrow F_{4x} = -\frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ N} + 4 \text{ N} + 2\sqrt{2} \text{ N} - 6 \text{ N} = -3.55 \text{ N}$$

$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = -\frac{5}{2} \text{ N} + 4\sqrt{3} \text{ N} - 2\sqrt{2} \text{ N} + F_{4y} = 2 \text{ kg} \times (2.0 \text{ m/s}^2) = ma_y$$

$$\Rightarrow F_{4y} = \frac{5}{2} \text{ N} - 4\sqrt{3} \text{ N} + 2\sqrt{2} \text{ N} + 4 \text{ N} = 2.40 \text{ N}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

15. 마찰이 없는 책상 위에 두 물체가 그림과 같이 서로 접촉해 있다. 두 물체의 질량은 각각 2.00 kg과 1.00 kg이다. 3.00 N의 힘을 1.00 kg의 물체에 수평으로 작용시킬 때,



(가) 두 물체 간에 작용하는 힘을 구하여라.

$$F - F_1 = m_1 a \quad F_1 = m_2 a \quad (a = a_1 = a_2)$$

두 운동방정식을 더하면

$$F = (m_1 + m_2) a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{3.00 \text{ N}}{1.00 \text{ kg} + 2.00 \text{ kg}} = \frac{3.00 \text{ N}}{3.00 \text{ kg}} = 1.00 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = m_2 a = 2.00 \text{ kg} \times 1.00 \text{ m/s}^2 = 2.00 \text{ N}$$

(나) 같은 힘을 2.00 kg의 물체에 작용하게 한 경우 두 물체 간에 작용하는 힘의 크기를 구하여라.

$$-F_1 = -m_1 a \quad F_1 - F = -m_2 a \quad (a = a_1 = a_2)$$

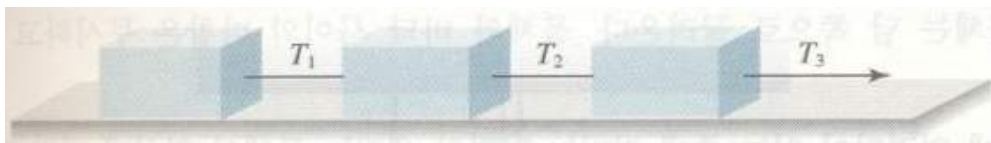
두 운동방정식을 더하면

$$F = (m_1 + m_2) a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{3.00 \text{ N}}{1.00 \text{ kg} + 2.00 \text{ kg}} = \frac{3.00 \text{ N}}{3.00 \text{ kg}} = 1.00 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = m_1 a = 1.00 \text{ kg} \times 1.00 \text{ m/s}^2 = 1.00 \text{ N}$$

16. 그림과 같이 질량이 같은 세 벽돌이 실로 연결되어 마루에 놓여 있다.

이제 오른쪽에서 벽돌을 잡아당길 때, 세 장력의 크기의 비  $T_1 : T_2 : T_3$  는?



$$T_1 = ma$$

$$T_2 - T_1 = ma$$

$$T_3 - T_2 = ma$$

세 운동방정식을 모두 더하면  $T_3 = 3ma$

$$T_2 = T_3 - ma = 3ma - ma = 2ma$$

$$T_1 = T_2 - ma = 2ma - ma = ma$$

$$T_1 : T_2 : T_3 = 1 : 2 : 3$$



## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

17. 짐을 실은 승강기의 총 질량이 1,600 kg 이다. 초속도 2.00 m/s 로 내려오던 승강기가 어느 순간부터 일정한 가속도로 감속하여 5.00 m 더 내려온 후 정지하였다. 정지하기까지 승강기를 연결한 줄의 장력은 얼마인가? (단,  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ )

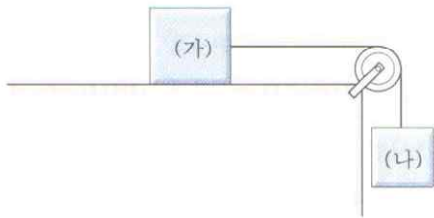
$$m = 1,600 \text{ kg} \quad v_0 = -2.00 \text{ m/s} \quad a = \text{constant} > 0 \quad y = -5.00 \text{ m}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(y - y_0)$$

$$0 = v_0^2 + 2a(y - 0) \Rightarrow a = -\frac{v_0^2}{2y} = -\frac{(-2.00 \text{ m/s})^2}{2 \times (-5.00 \text{ m})} = -\frac{4.00 \text{ m}^2/\text{s}^2}{-10.0 \text{ m}} = 0.400 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_y = T - mg = ma &\Rightarrow T = ma + mg = m(a + g) \\ &= 1,600 \text{ kg} \times (9.80 \text{ m/s}^2 + 0.400 \text{ m/s}^2) \\ &= 16,320 \text{ N} \end{aligned}$$

18. 그림과 같이 도르래를 통하여 연결된 두 물체가 있다. 수평면에 놓인 물체 (가)의 무게는 44.0 N 이고, 줄로 매달린 물체 (나)의 무게는 22.0 N 이다. 물체와 수평면 간의 마찰 계수가 0.20 이라 할 때, 물체 (가)가 미끄러지지 않게 하기 위해 그 위에 놓아야 할 물체 (다)의 최소 무게는 얼마인가?



$$W_{(가)} = m_{(가)}g = 44.0 \text{ N}$$

$$W_{(나)} = m_{(나)}g = 22.0 \text{ N}$$

$$M = m_{(가)} + m_{(다)}, \quad \mu = 0.20$$

$$\Sigma F_y = N - Mg = 0$$

$$\Sigma F_x = T - f_s = T - \mu_s N = T - \mu_s Mg = Ma_x \cdots (1) \quad \Sigma F_y = m_{(나)}g - T = m_{(나)}a_y \cdots (2)$$

(1)식과 (2)식을 더하면 - (가)와 (다)의 x방향의 가속도가 (나)의 y방향의 가속도와 같다. ( $a = a_x = a_y$ )

$$m_{(나)}g - \mu Mg = (M + m_{(나)})a \quad \text{미끄러지지 않는다면}$$

$$m_{(나)}g - \mu Mg = 0$$

$$m_{(나)}g - \mu(m_{(가)} + m_{(다)})g = 0$$

$$W_{(나)} - \mu(W_{(가)} + W_{(다)}) = 0$$

$$W_{(가)} + W_{(다)} = \frac{W_{(나)}}{\mu}$$

$$W_{(다)} = \frac{W_{(나)}}{\mu} - W_{(가)} = \frac{22.0 \text{ N}}{0.20} - 44.0 \text{ N}$$

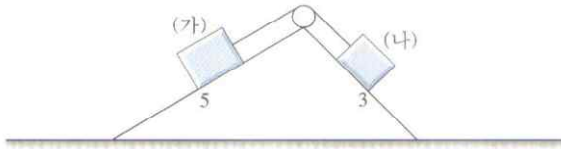
$$= 110.0 \text{ N} - 44.0 \text{ N} = 66.0 \text{ N}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

19. 경사면 길이의 비가 5:3 인 두 경사면이 그림과 같이 서로 마주보고 있다.

두 경사면 위에는 물체 (가)와 물체 (나)가 끈으로 연결되어 평형을 유지하고 있다.

물체 (나)의 질량은 물체 (가)의 질량의 몇 배 인가?



$$N_1 - m_1 g \cos \theta_1 = 0$$

$$N_2 - m_2 g \cos \theta_2 = 0$$

$$m_1 g \sin \theta_1 - T = 0$$

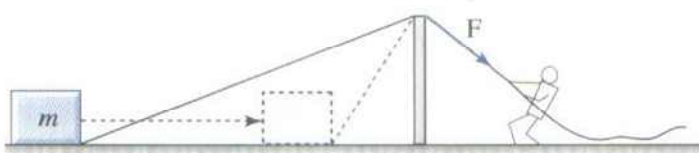
$$T - m_2 g \sin \theta_2 = 0$$

두 운동방정식을 더하면

$$m_1 g \sin \theta_1 - m_2 g \sin \theta_2 = 0$$

$$m_1 g \sin \theta_1 = m_2 g \sin \theta_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{m_2}{m_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\frac{h}{5L}}{\frac{h}{3L}} = \frac{3}{5} \text{ 배}$$

20. 그림과 같이 담 너머에 있는 물체의 밑에 줄을 연결하여 일정한 힘으로 사람이 줄을 잡아당기면 물체는 담 쪽으로 끌려온다. 물체와 바닥면 사이의 마찰은 무시하고 다음 물음에 답하여라.



(가) 물체에 연결된 줄에 걸리는 장력의 세기는 물체의 위치에 따라 어떻게 변하는가?

줄에 걸리는 장력은 항상 잡아당기는 힘과 같다.

일정한 힘  $F$ 로 줄을 잡아당긴다고 했으므로 줄에 걸리는 장력  $T$ 도 항상 일정하다.

(나) 이 물체의 가속도는 물체의 위치에 따라 어떻게 변하는가?

$$F_y + N - mg = F \sin \theta + N - mg = ma_y \quad \Rightarrow \quad F \sin \theta + N - mg = 0 \quad (a_y = 0)$$

$$F_x = F \cos \theta = ma_x \quad (a_x = a)$$

$$a = \frac{F \cos \theta}{m} = \frac{F}{m} \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \quad \theta \text{가 증가하면 } \cos \theta \text{가 감소하므로 } a \text{는 감소한다}$$

즉, 잡아당길수록  $a$ 는 감소한다

(다) 물체가 바닥에서 받는 수직항력은 물체의 위치에 따라 어떻게 변하는가?

$$F \sin \theta + N - mg = 0 \quad (a_y = 0)$$

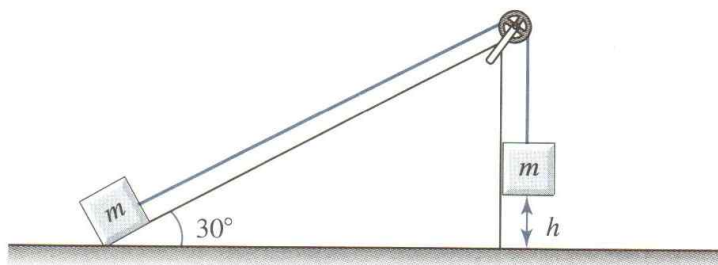
$$N = mg - F \sin \theta$$

$$= mg - F \frac{h}{\sqrt{x^2 + h^2}}$$

$\theta$ 가 증가하면  $\sin \theta$ 가 증가하므로  $N$ 은 감소한다  
즉, 잡아당길수록  $N$ 는 감소한다

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

21. 그림과 같이 질량이  $m$ 으로 같은 두 물체가 마찰이 없는 경사면에 마찰이 없는 도르래를 통해 질량을 무시할 수 있는 끈으로 연결되어 있다. 초기에 왼쪽 물체는 지면에 닿아 있고 오른쪽 물체를 높이  $h$ 에서 정지 상태로 떨어뜨린다고 하자.  
(중력가속도는  $g$ 이다.)



(가) 오른쪽 물체가 지면에 닿기 전에 두 물체의 가속도의 크기는 얼마인가?

$$\text{(왼쪽 물체)} \quad T - mg \sin 30^\circ = ma \quad \oplus \quad mg - T = ma \quad \text{(오른쪽 물체)}$$

(두 물체에 작용하는 알짜힘)

$$F = mg - mg \sin 30^\circ = mg - \frac{1}{2}mg = \frac{1}{2}mg = (2m)a \quad \Rightarrow \quad a = \frac{1}{4}g$$

(나) 오른쪽 물체가 지면에 닿기 직전 두 물체의 속력은 얼마인가?

$$\text{(등가속도운동)} \quad v^2 = v_0^2 + 2ah \quad (v_0 = 0, \quad a = \frac{1}{4}g)$$

$$v^2 = 2ah = 2 \cdot \frac{1}{4}gh = \frac{gh}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

(다) 왼쪽의 물체는 수직 방향으로 최고 얼마만큼 올라가겠는가?

(주의: 오른쪽 물체가 지면에 닿아 정지한 이후에도 왼쪽 물체는 계속 움직일 수 있다.)

$$\text{오른쪽 물체가 지면에 닿는 순간 왼쪽 물체의 높이} \quad \Rightarrow \quad h \sin 30^\circ = \frac{h}{2}$$

$$\text{오른쪽 물체가 지면에 닿는 순간 왼쪽 물체의 속력} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

왼쪽 물체가 추가로 더 올라가는 경사면 방향으로의 거리를  $d$ 라 하자.

$$\text{경사면 방향: 등가속도운동} \quad \Rightarrow \quad v^2 = v_0^2 + 2ad$$

$$\left( \text{최고점에서 속력 } v = 0, \text{ 초기 속력 } v_0 = \sqrt{\frac{gh}{2}} \right)$$

$$\left( \text{경사면 방향으로의 가속도 } a = -g \sin 30^\circ = -\frac{1}{2}g \right)$$

$$\Rightarrow \quad 0 = \frac{gh}{2} - 2 \cdot \frac{g}{2}d \quad \Rightarrow \quad 0 = \frac{h}{2} - d \quad \Rightarrow \quad d = \frac{h}{2}$$

## 대학물리학 (제8판) 연습문제 풀이 (4장) - by 송현석

왼쪽 물체가 추가로 더 올라가는 수직 방향으로의 높이를  $h'$ 이라 하자.

$$h' = d \sin 30^\circ = \frac{h}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}h$$

왼쪽 물체가 최고점에 도달한 순간의 수직 높이를  $H$ 라고 하자.

$$H = \frac{1}{2}h + h' = \frac{1}{2}h + \frac{1}{4}h = \frac{3}{4}h$$

### <다른 풀이 - 5장>

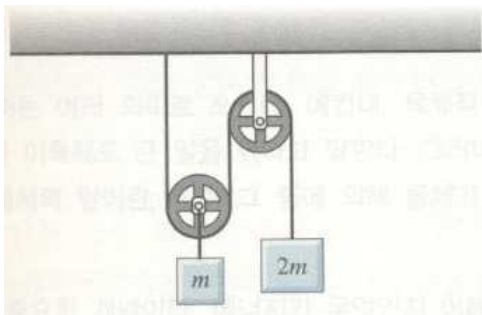
오른쪽 물체가 지면에 닿는 순간 왼쪽 물체의 역학적 에너지는

왼쪽 물체가 최고점에 도달한 순간 왼쪽 물체의 역학적 에너지와 같아야 하므로  
최고점의 수직 높이를  $H$ 라고 하면

$$mg \frac{h}{2} + \frac{1}{2}mv^2 = mgH \quad \left( v = \sqrt{\frac{gh}{2}} \right)$$

$$mg \frac{h}{2} + \frac{1}{2}mg \frac{h}{2} = mgH \quad \Rightarrow \quad H = \frac{3}{4}h$$

22. 그림에서 질량  $2m$ 인 물체의 하향 가속도의 크기를 중력가속도  $g$ 로 나타내어라.  
(단, 도르래 질량은 무시한다.)



$$2T - mg = m \frac{a}{2} \quad \dots\dots (1)$$

$$2mg - T = 2ma \quad \dots\dots (2)$$

(1)식 + 2 × (2)식

$$4mg - mg = 4ma + \frac{m}{2}a$$

$$3mg = \left(4 + \frac{1}{2}\right)ma = \frac{9}{2}ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2}{3}g$$