

5.18 그림처럼 왼쪽 경사각은 60도, 오른쪽 경사각은 20도이며, 왼쪽 물체 질량은 2.1kg 이다.

- a) 왼쪽 질량이 가속도 0.64 m/s^2 으로 내려갈때,
 b) 0.76 m/s^2 로 올라갈 때 의 오른쪽 질량을 각각 구하라.



→ Sol) 경사각도에 따른 힘을 각각 고려하여, 뉴턴 2번칙 $F=ma$ 로 구한다.

왼쪽 블록만을 볼때 블록이 받는 힘은 중력+장력 이므로,

$T_L - m_L g \sin(60^\circ) = m_L a_L$ 이고, 마찬가지로 오른쪽 블록이 받는 힘은

$m_R g \sin(20^\circ) - T_R = m_R a_R$ 이다. 줄의 장력은 왼쪽, 오른쪽이 동일하므로

$T_R = T_L$ 를 이용하면 $m_R g \sin(\theta_R) - m_L g \sin(\theta_L) = (m_L + m_R)a$ 의 관계식을 얻는다.

를 이용해 왼쪽 블록에 대한 식으로 정리하면, $m_R = m_L \frac{g \sin(\theta_L) + a}{g \sin(\theta_R) - a}$ 이고,

왼쪽 블록이 0.64 m/s^2 가속받으면 내려갈 때는 오른쪽 블록 기준에서는 반대(왼쪽)로 가속하는 것이므로

$$m_R = (2.1 \text{ kg}) \frac{(9.8 \text{ m/s}^2) \sin(60^\circ) - 0.64 \text{ m/s}^2}{(9.8 \text{ m/s}^2) \sin(20^\circ) + 0.64 \text{ m/s}^2} \cong 4.128 = 4.1 \text{ kg} \quad (\because \sin(60^\circ) \approx 0.8660, \sin(20^\circ) \approx 0.3420)$$

왼쪽 블록이 0.76 m/s^2 가속받으면 올라갈 때는 오른쪽 블록 기준에서는 오른쪽으로 가속하는 것이므로

$$m_R = (2.1 \text{ kg}) \frac{(9.8 \text{ m/s}^2) \sin(60^\circ) + 0.76 \text{ m/s}^2}{(9.8 \text{ m/s}^2) \sin(20^\circ) - 0.76 \text{ m/s}^2} \cong 7.493 = 7.5 \text{ kg}$$

• 검산: $a = -0.64 \text{ m/s}^2$ 일때 ,

$$m_R g \sin(\theta_R) - m_L g \sin(\theta_L) = (m_L + m_R)a \rightarrow (4.128 \times 9.8 \times 0.342) - (2.1 \times 9.8 \times 0.866) = (2.1 + 4.128) \times (-0.64)$$

$$13.8354048 - 17.82228 \cong -4.0$$

검산: $a = +0.76 \text{ m/s}^2$ 일때 ,

$$m_R g \sin(\theta_R) - m_L g \sin(\theta_L) = (m_L + m_R)a \rightarrow (7.493 \times 9.8 \times 0.342) - (2.1 \times 9.8 \times 0.866) = (2.1 + 7.493) \times (0.76)$$

$$25.1135388 - 17.82228 \cong 7.3$$

5.29 커브 반경이 115 m 인 편평한 커브길에 제한속력 60 km/h 의 안전표지판이 있다. 도로가 눈에 덮여 마찰계수가 0.20 으로 줄어들었을 경우 제한 속력은 충분히 느린가?

→ Sol) 뉴턴의 제 2번칙인 $F = ma$ 에서 원운동에대한 가속도 $a = v^2/r$ 을 이용. 마찰력은 마찰계수 \times 수직항력.

$$F_{net} = f = \mu_{min}n = \frac{mv^2}{r}$$

$$\mu_{min}mg = \frac{mv^2}{r} \rightarrow \mu_{min} = \frac{v^2}{gr} = \frac{(16.7 \text{ m/s})^2}{(9.8 \text{ m/s}^2)(115 \text{ m})} = 0.25 \quad (\because v = 60 \text{ km/h} = 16.7 \text{ m/s})$$

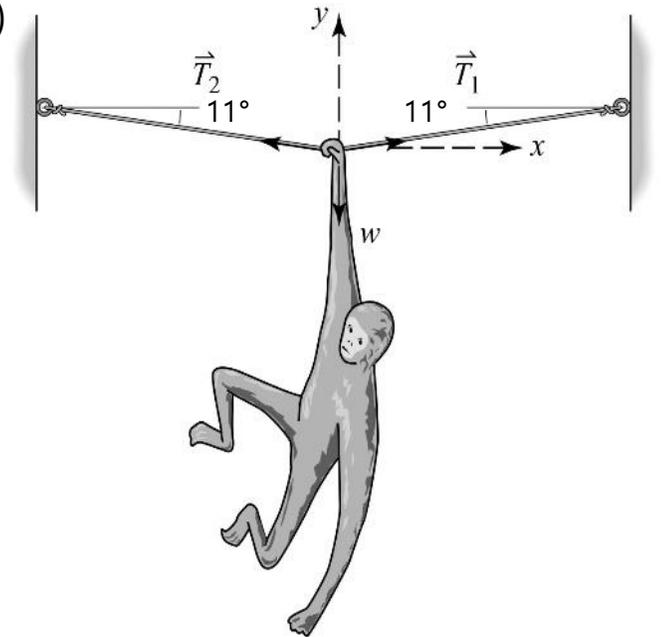
ans.) 안전을 위해서는 제한속력을 더 낮춰야 한다. (대략 15m/s 로 즉, 60 km/h \rightarrow 54 km/h 로 변경 필요)

5.41 질량이 14.6 kg 인 원숭이가 줄의 가운데 매달려 있다. 줄의 양끝의 수평과 각도 11.0 도를 이룬다. 줄의 장력을 구하고 원숭이 무게와 비교하라.

→ Sol) $T_1 = T_2 = T$ 이고, y축 힘만 보면 된다. $T_1 \sin(\theta) + T_2 \sin(\theta) = w$ (원숭이무게)

$$T = \frac{mg}{2 \sin(\theta)} = \frac{(14.6 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{2 \sin(11.0^\circ)} = 375 \text{ N} \quad (\because \sin(11.0^\circ) = 0.1908)$$

원숭이 무게 $14.6 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 143 \text{ N}$ 로 장력이 약 2.6배 크다



5.42 질량이 26 kg 인 배낭이 그림처럼 묶여진 길이가 다른 두 줄에 각각 매달려 정지해 있을때, 줄의 장력을 구하라.

→ Sol) 정지해 있으므로, 힘의 총합은 0 이다. $F_{net} = ma = 0$

수직하(y축) 방향으로는 $T_2 \sin(\theta_2) + T_1 \sin(\theta_1) - w = 0$ 이고,

수평하(x축) 방향으로는 $-T_2 \cos(\theta_2) + T_1 \cos(\theta_1) = 0$ 이다.

엇각이 같음을 이용하면 $\theta_2 = 71^\circ, \theta_1 = 28^\circ$ 이다.

위 식들을 이용하여 $T_1 = \frac{T_2 \cos(\theta_2)}{\cos(\theta_1)}$ 로 정리하여 대입하면,

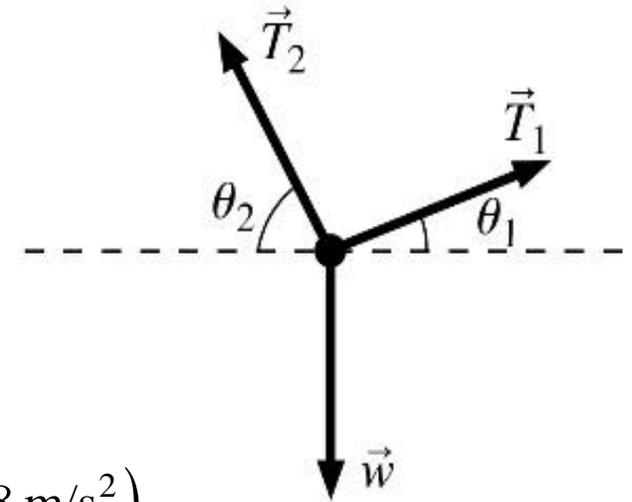
y 축에 대한 식이

$T_2 \sin(\theta_2) + T_2 \cos(\theta_2) \tan(\theta_1) = mg$ 이 되어,

$$T_2 = \frac{mg}{\sin(\theta_2) + \cos(\theta_2) \tan(\theta_1)} = \frac{(26 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{\sin(71^\circ) + \cos(71^\circ) \tan(28^\circ)}$$

$$= 230 \text{ N}$$

이어서 T1 에 대해 구하면, $T_1 = \frac{T_2 \cos(\theta_2)}{\cos(\theta_1)} = \frac{(228 \text{ N}) \cos(71^\circ)}{\cos(28^\circ)} = 84 \text{ N}$ 이 된다.



5.61 경사각 22도의 경사면 위에 처음속력 1.4 m/s 로 블록이 미끄러 올라간다. 운동마찰계수는 0.70 이다.

- a) 블록은 경사면을 따라 얼마나 올라가겠는가?
- b) 블록이 멈춘 후 다시 아래로 미끄러져 내려가겠는가?

→ Sol) 운동방정식 $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$ 를 이용하여,
 x 축과 y 축으로 고려하면, (x 축과 y 축에대해서 경사면을 x축으로, 경사면에 수직한 방향을 y축으로 한다)

$$\left. \begin{array}{l} x: f_k + mg \sin(\theta) = ma \\ y: n - mg \cos(\theta) = 0 \end{array} \right\} a = g \sin(\theta) + \mu_k g \cos(\theta)$$

로 볼 수 있다.

x축에대해 운동방정식으로 계산하면,

$$x_0 - x = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2[g \sin(\theta) + \mu_k g \cos(\theta)]} = \frac{(1.4 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/S}^2)[\sin(22^\circ) + (0.70) \cos(22^\circ)]} = 0.098 \text{ m} = 9.8 \text{ cm}$$

- a) 경사면을 따라 약 10cm 정도 올라간다.
- b) 블록이 멈춰도 중력에의해 계속 힘을 받는다. 다만 멈췄기때문에 마찰계수가 운동마찰력(f_k)이 아닌 정지마찰력(f_s)으로 봐야하며, 블록이 움직이고 난뒤에는 정지마찰계수가 아닌 운동마찰계수를 적용.

$$\left. \begin{array}{l} x: -f_s + mg \sin(\theta) = ma \\ y: n - mg \cos(\theta) = 0 \end{array} \right\} a \geq g \sin(\theta) - \mu_k g \cos(\theta)$$

위 식에서 정지 마찰계수에 의한 마찰력 $f_s \leq \mu_s n$ (최대 정지마찰력) 로 $n = mg \cos(\theta)$ 이므로 $a = 0$ 일때, 미끄러 내려가지 않는다. 식에서 보이는 것처럼 각도에따라 중력과 수직항력이 변하고 그에 따라 정지마찰력이 달라진다, 이때 중력이 정지 마찰력보다 클 경우 가속도가 0 보다 커지게되고 블록은 미끄러져 내려간다. 해당 문제의 경우에 정지마찰계수가 0.404 보다 작아야 미끄러져 내려올 수 있는데, 일반적으로 정지마찰계수가 운동마찰계수(0.70)보다 크기때문에 이 경우는 말이 되지 않는 상황.