

물리학 I 2022년 1학기

숙제 4: 뉴턴의 운동법칙 (담당교수: 김현철)

제출기한: 2022년 3월 30일 수요일 오후 15:00시까지

문제 2. (20pt) 그림 1처럼 자동차 A가 언덕을 내려오다가 미끄러져 빨간 신호등 앞에서 멈춰있는 자동차 B를 들이 받았다. 언덕의 각도가 $\theta = 12.0^\circ$ 이고 자동차 A가 미끄러지기 시작할 때 두 차 사이의 간격은 $d = 24.0 \text{ m}$ 이며 그때 자동차 A의 속력은 $v_0 = 18.0 \text{ m/s}$ 이다. 운동마찰계수가 아래와 같이 주어질 때 자동차 A가 자동차 B를 추돌하는 순간의 속력을 구하여라.

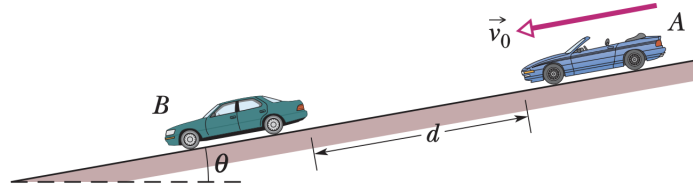


그림 1: 문제 2

(가) $\mu_k = 0.600$ (마른 도로)

(나) $\mu_k = 0.100$ (젖은 낙엽이 깔려있는 도로)

풀이 :

(가) 자동차 A가 받는 힘을 자유 물체 다이어그램으로 표현해보자. $\mu_k = 0.600$ 일 때 자동차 A가 받는

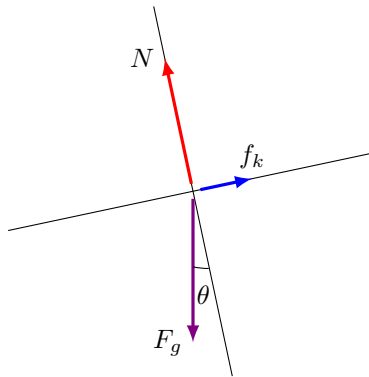


그림 2: 자유 물체 다이어그램

힘을 성분 별로 분해해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= ma = F_g \sin \theta - f_k, \quad f_k = \mu_k N \\ \sum F_y &= N - F_g \cos \theta = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

자동차는 받은 알짜힘 만큼 운동 에너지를 얻는다. 자동차가 받는 알짜힘은,

$$W = (F_g \sin \theta - \mu_k N)d = (F_g \sin \theta - \mu_k F_g \cos \theta)d. \quad (2)$$

따라서 충돌 직전 속력을 v_f 라 하면,

$$(F_g \sin \theta - \mu_k F_g \cos \theta)d = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, \quad v_f = \sqrt{\frac{2(F_g \sin \theta - \mu_k F_g \cos \theta)d}{m} + v_0^2}. \quad (3)$$

$F_g = mg$ 이므로,

$$\begin{aligned} v_f &= \sqrt{2(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)gd + v_0^2} \\ &= \sqrt{2(\sin 12^\circ - (0.600) \cos 12^\circ)(9.80 \text{ m/s}^2)(24.0 \text{ m}) + (18.0 \text{ m/s})^2} \\ &= 12.1 \text{ m/s}. \end{aligned} \quad (4)$$

$\mu_k = 0.600$ 인 경우, 자동차의 충돌 직전 속력은 12.1 m/s 이다.

(나) 식 (4) 으로부터 $\mu_k = 0.100$ 인 경우 이므로,

$$\begin{aligned} v_f &= \sqrt{2(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)gd + v_0^2} \\ &= \sqrt{2(\sin 12^\circ - (0.100) \cos 12^\circ)(9.80 \text{ m/s}^2)(24.0 \text{ m}) + (18.0 \text{ m/s})^2} \\ &= 19.4 \text{ m/s}. \end{aligned} \quad (5)$$

$\mu_k = 0.100$ 인 경우, 자동차의 충돌 직전 속력은 19.4 m/s 이다.