

1. 실험 목적

수평 접촉면상에서 물체가 운동을 시작할 때, 또는 운동하고 있을 때의 힘을 측정하여 물체와 접촉면 사이의 정지마찰계수와 운동마찰계수를 측정한다.

2. 기구

사면대, 나무토막, 실, 추, 추걸이, 수평면, 도르래

3. 원리 및 이론

물체가 다른 물체와 접촉하여 정지하고 있을 때나 일정한 속력으로 운동할 때 그 접촉면의 접선방향으로 작용하여 물체의 운동을 방해하려는 힘을 마찰력이라 한다. 마찰력의 크기는 접촉면의 상태에 따라 달라지며, 접촉면에 직교하는 법선력 F_n 에 비례한다. 즉 그림 1과 같이 물체 A에 힘 F 를 작용시켜 물체 A가 겨우 움직이게 될 때의 마찰력을 정지마찰력이라 하며, 그 값은 법선력 F_n 에 비례하고, 이때 비례상수 μ_s 를 정지마찰계수라 한다. 즉

$$F_s = \mu_s F_n \quad (1)$$

또한 물체 A에 힘 F 를 작용시켜 이 물체가 일정한 속력으로 등속운동하게 하였다면 이 등속운동 중의 마찰력을 운동마찰력이라 하며, 그 값은 법선력 F_n 에 비례하고, 이때의 비례상수 μ_k 를 운동마찰계수라 한다. 즉

$$F_k = \mu_k F_n \quad (2)$$

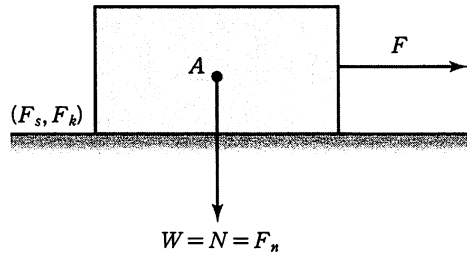


그림 1

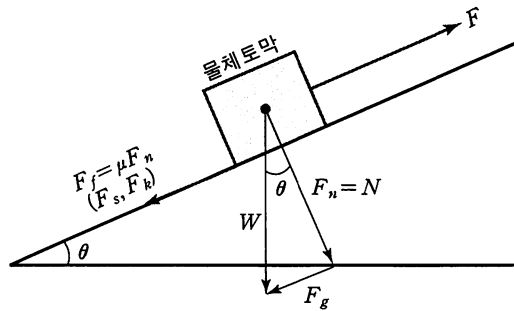


그림 2

이 물체를 그림 2와 같이 수평면과 어떤 각 θ 를 이루는 경사면 위에서 힘 F 로 끌어 올린다면 마찰력보다도 더 큰 힘이 필요하게 되며, 물체 무게의 경사면 방향의 분력 F_g 만큼 더 필요하게 된다. 즉 마찰력을 F_f 라 하면 끌어올리는 데 필요한 힘 F 는

$$F = F_f + F_g \quad (3)$$

이다. 또는 $F_f = \mu W \cos \theta$ 이고, $F_g = W \sin \theta$ 이므로

$$F = \mu W \cos \theta + W \sin \theta \quad (4)$$

이다. 이 식은 마찰력의 일반적인 식으로 물체가 겨우 움직일 수 있게 힘 F 를 작용시켰다면

$$F = \mu_s W \cos \theta + W \sin \theta \quad (5)$$

이고, 물체가 일정한 속력으로 운동하도록 힘 F 를 작용시켰다면 다음과 같다.

$$F = \mu_k W \cos \theta + W \sin \theta \quad (6)$$

물체가 경사면 위에서 자유로이 일정한 속력으로 겨우 미끄러져 내려오도록 비탈의 각이 조절되었을 때 이 각을 마찰각이라 부른다. 이때는 끌어올리는 힘을 작용시키지 않으므로 $F=0$ 이고, 식 (6)에서 합의 크기로 보아 $F_g = \mu_k F_n$ 이므로, 운동마찰계수 μ_k 는

$$\mu_k = \frac{F_g}{F_n} = \frac{W \sin \theta}{W \cos \theta} = \tan \theta \quad (7)$$

가 된다.

4. 실험 방법

1) 수평면상에서의 마찰계수 측정

(1) 정지마찰계수

- 물체 A의 무게 W 를 측정한 다음 그림 3과 같이 수평면 위에 물체를 올려놓은 후 실을 연결하여 추를 달 수 있도록 한다. 물체가 움직이기 시작할 때까지 추를 증가시키면 그때의 추의 무게 F 는 정지마찰력 F_s 와 같다. 용수철 저울을 이용하여 실험할 경우 물체가 움직이기 시작할 때 용수철 저울의 눈금은 정지 마찰력 F_s 와 같다.
- 물체 A위에 추를 0.01[kg]씩 증가시켜가면서 그 때마다의 F 를 측정한다.
- 위의 측정치로부터 정지마찰력의 크기가 접촉면적에 무관하여, 법선력에 비례함을 관찰하고 정지마찰계수 μ_s 를 구한다.
- 또한 물체의 무게와 추의 무게를 더한 값(F_n)의 변화에 따른 F_s 의 변화를 그려서 그 기울기를 구하면 그 기울기 F_s/F_n 는 정지마찰계수 μ_s 가 된다.

(2) 운동마찰계수

- 정지마찰계수 측정과 같은 방법으로 실험하되 매번 수평면의 바닥을 조금씩 두드

려 주면 물체는 정지마찰력보다 적은 힘에서 등속운동을 할 수 있게 된다. 이때의 힘을 운동마찰력 F_k 로 한다.

- 위의 측정치로부터 운동마찰력의 크기가 접촉면적에 무관하며, 법선력에 비례함을 관찰하고 운동마찰계수를 식 (2)로 구한다.

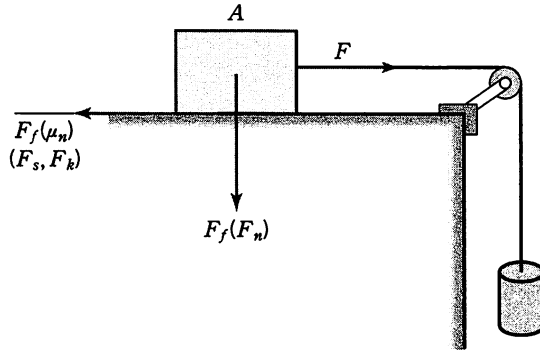


그림 3

- 정지마찰계수 측정과 같이 그 기울기 $\frac{F_k}{F_n}$ 를 구하면 운동마찰계수를 알 수 있다.

2) 경사면에서의 마찰계수 측정

(1) 정지마찰계수

- 그림 4와 같이 경사면에 물체 A를 올려놓고 수평면상에서의 정지마찰계수 측정 방법으로 실험한다.
- 식 (5)에 의해 정지마찰계수를 계산한다.
- 그래프에서 세로축을 $F - W \sin \theta (= F_s)$, 가로축을 $W \cos \theta (= F_n)$ 로 하여 그래프에 그리고 $\mu_s = (F - W \sin \theta) / (W \cos \theta)$ 으로부터 기울기를 구하면 정지마찰계수를 구할 수 있다.

(2) 운동마찰계수

- 경사면에 물체 A를 올려놓고, 수평면상에서의 운동마찰계수 측정 방법으로 실험한다.
- 식 (6)에 의해 운동마찰계수를 계산한다.

- 세로축을 $F - W\sin\theta (= F_\mu)$, 가로축을 $W\cos\theta (= F_n)$ 로 하여 그래프에 그리고 $\mu_k = (F - W\sin\theta) / (W\cos\theta)$ 으로부터 기울기를 구하면 운동마찰계수를 구할 수 있다.

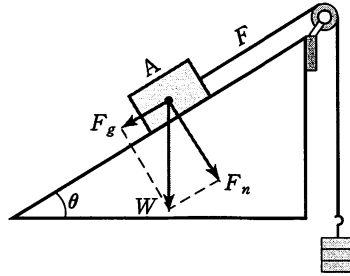


그림 4

3) 마찰각 측정

물체토막 위에 아무 것도 올려놓거나 매달지 않고, 경사면대의 비탈각을 서서히 증가 시키면서 경사면을 조금씩 두드려 주면 물체는 등속운동을 하면서 비탈을 따라 내려가 게 된다. 이때의 각을 θ 라 하면 이 각의 $\tan\theta$ 값은 식 (7)에 의해 운동마찰계수 μ_k 가 된다.