

마찰력과 마찰계수

1. 실험 목적

뉴턴의 운동법칙을 통하여 두 물체의 접촉면 사이에 작용하는 마찰력을 측정한다. 그 결과로부터 물체의 질량, 접촉면의 면적 및 크기가 마찰계수와 어떤 관계를 갖는지 확인한다.

2. 이론

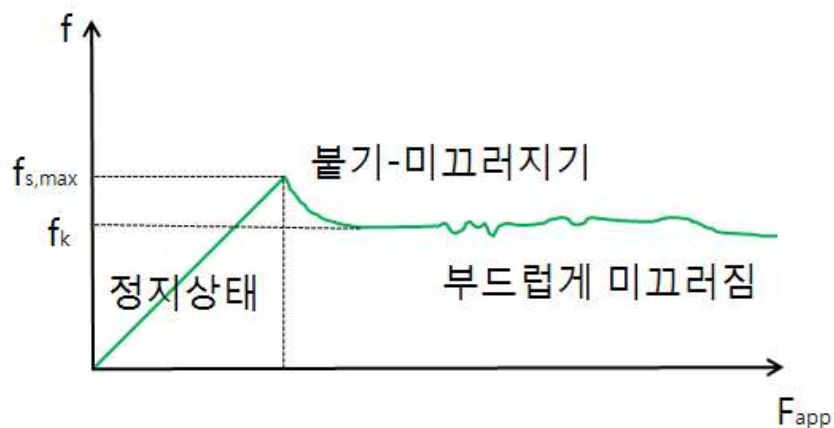
물체가 정지 상태에 있을 때 물체가 움직이게 하려면 일정한 힘이 필요하다. 물체와 표면 사이의 정지마찰력 때문이다, 외부에서 작용하는 힘이 커짐에 따라 임계값에 도달할 때까지 정지마찰력이 증가한다. 임계값(최대 정지마찰력)을 넘어서면 물체는 움직이게 되고, 이때부터는 정지마찰이 아닌 운동마찰력이 작용하게 되는데, 일반적으로 운동마찰력이 정지마찰력보다 작다(그림 1 참조).

일반적으로 정지마찰 및 운동마찰력의 크기는 모두 물체가 받는 수직항력에 비례한다(하지만, 속력이 빠른 경우에는 수직항력보다 속력에 의존하는 경향이 있다). 차원이 없는 양인 마찰계수를 도입하면

$$f = \mu_s N \quad (\text{정지마찰력}) \quad (1)$$

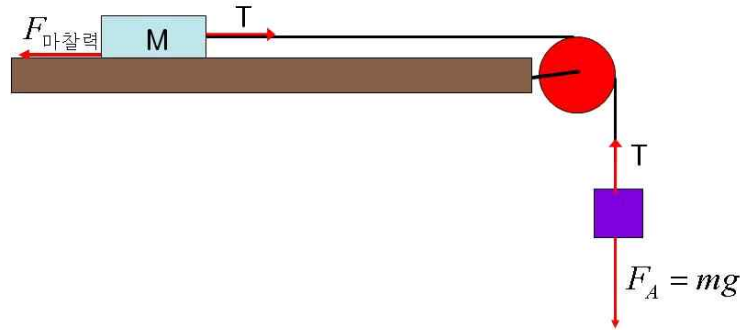
$$f = \mu_k N \quad (\text{운동마찰력}) \quad (2)$$

으로 표현할 수 있다.



[그림 1]

아래 [그림 2]와 같이 수평면 위에 나무 블록이 있고, 블록이 실을 통해 공중에 매달린



[그림 2]

추에 연결되어 있다. 뉴턴의 운동법칙을 적용하면

$$(M) \quad \sum F_x = T - f_k = T - \mu_k N = Ma \quad (3)$$

$$\sum F_y = N - Mg = 0 \quad (4)$$

$$(m) \quad \sum F = mg - T = ma \quad (5)$$

가 성립한다. (4)식에서 구한 수직항력을 (3)식에 대입한 후, (3)식과 (5)식에서 장력을 소거하면

$$a = \frac{m - \mu_k M}{m + M} g \quad (6)$$


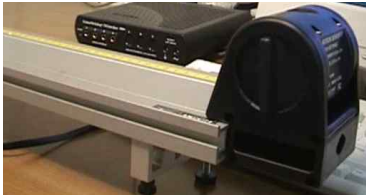



가 된다. 실험 장치를 통해 계의 가속도를 구할 수 있으므로 (6)식을 변형하면 운동마찰계수는 다음과 같다.

$$\mu_k = \frac{mg - (m + M)a}{Mg} \quad (7)$$

실의 질량과 중간에 위치한 도르래를 고려하면 계의 가속도는 조금 달라지지만, 도르래의 질량과 크기가 작으므로 여기에서는 무시한다.

3. 실험장치

※ 이름이 파란색으로 표시되는 장치는 클릭하여 상세 정보를 볼 수 있습니다.

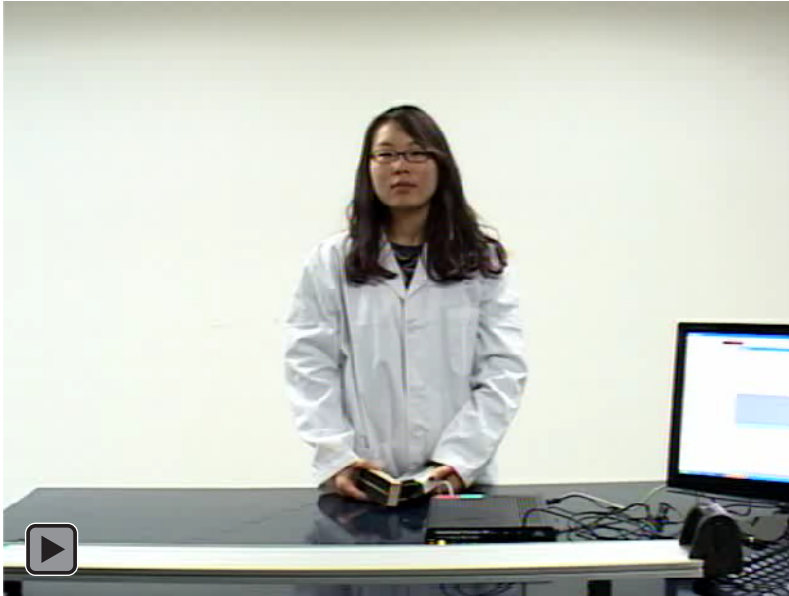
		
나무 블록(127g±0.25g)	레일과 Motion Sensor	추와 추걸이
		도르래 실
550 Interface	PC	기타

4. 실험절차

- (1) [그림 2]와 동영상 설명을 참조하여 수평 레일의 수평이 맞는지 확인한 후 레일 위에 Motion Sensor와 나무 블록을 위치시킨다(아래 동영상 설명 참조).
 - (a) **Motion Sensor** 자체에 위치한 설정 단추가 Short range인지 확인하고, 센서가 정확히 나무 블록을 향하도록 위치하는지 확인한다. 또한 Sensor가 PASCO 550 Interface에 연결되어 있고 PASCO 550 Interface의 전원이 켜있는지 확인한다.
 - (b) 나무 블록에 실과 추걸이 및 추를 연결한다.
- (2) PASCO Capstone을 실행하고 설정이 맞는지 확인한다.
- (3) PASCO Capstone의 **Record** 버튼을 누르고 추를 놓는다. 나무 블록이 레일의 끝에 도달했을 때 PASCO Capstone에서 **Stop** 버튼을 누른다.
- (4) PASCO Capstone에 있는 속도 또는 가속도 그래프를 확인하여 계의 가속도를 결정한다.
- (5) A, B 및 C면의 각각에 대한 가속도를 5번 반복 측정하고, 각 면에 대한 운동마찰계수를 결정하여 각 면의 어떤 성질이 운동마찰계수에 영향을 주는지 확인한다. 이때 다른 조건은 동일해야 한다. 즉, 매달린 추의 무게가 일정해야 한다(표 1과 2).

- (6) A면을 마찰면으로 고정하고, 나무블록 위에 추를 올려서 마찰이 작용하는 물체의 무게를 변화시키면서 운동마찰계수를 측정한다(표 2의 오른쪽).

◆ 설명 동영상 : (동영상을 클릭하세요. 동영상이 재생되지 않으면 [여기](#)를 클릭하세요.)



※유의 사항

1. 위의 식에서 추의 질량 m 에는 추걸이의 질량이 포함되어 있습니다. 추의 질량은 적당한 가속도를 얻을 수 있는 정도로 선택하십시오. 너무 무거우면 측정이 어렵고, 너무 가벼우면 오차가 커질 수 있습니다.
2. 나무 블록이 움직이는 중에 실험 장치에 손을 대면 잘못된 데이터를 얻을 수 있습니다.
3. Motion Sensor가 역학 수레를 겨냥하도록 방향을 잘 조정하십시오. 방향이 잘 맞지 않으면 데이터가 고르게 측정되지 않습니다.
4. 그래프를 저장하려면 원하는 그림(그래프)를 클릭하여 활성화한 후, 메뉴에서 “Display -> Copy Display”를 클릭하여 캡처가 가능하고, 메뉴에서 “File -> Export Data”를 클릭하여 데이터를 Text파일로 저장할 수 있습니다.
5. 실험이 완료된 후 PASCO 550 Interface의 전원을 끄고 PASCO Capstone 프로그램을 종료하십시오. 단, PC는 종료하지 않습니다.
6. 실험 중 갑자기 USB 연결선을 뽑지 마십시오.

5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

※ 위치, 속도 및 가속도에 대한 측정 결과 중에서 대표적인 사례의 그래프를 뒤에 첨부하십시오.

표 1. 접촉 면적과 마찰계수의 관계

회	나무 블록 A면 (면적: cm^2)				나무 블록 B면 (면적: cm^2)			
	M	$m^{(1)}$	a	μ_k	M	$m^{(1)}$	a	μ_k
1								
2								
3								
4								
5								
평균								
표준 오차								

표 2. 물체의 접촉면의 성질 및 무게가 마찰계수에 미치는 영향

회	나무 블록 C면 (면적: cm^2)				나무 블록 A면 (면적: cm^2)			
	M	$m^{(1)}$	a	μ_k	M	$m^{(1)}$	a	μ_k
1								
2								
3								
4								
5								
평균								
표준 오차								

주 1) 추결이 질량 포함

6. 고찰 사항

- (1) A면과 B면에 대한 표 1의 실험 결과는 표면적이 다른 경우를 비교한 것이다. 실험 결과로부터 접촉 단면적의 크기가 달라질 때 운동마찰계수가 어떻게 변하는가?

- (2) B면과 C면은 표면적은 동일하지만 표면의 성질이 다른 경우이다. 실험 결과로부터 알 수 있는 것은 무엇인가?

- (3) (6)번 실험 과정의 결과(표 2의 오른쪽 열)로부터 운동마찰계수에 영향을 주는 요소는 무엇이라고 결론지을 수 있는가?

- (4) 다른 조건은 모두 동일하게 설정하고 매달린 추의 무게를 달리했을 때 어떤 결과를 얻을 것이라고 예상하는가? (시간이 허락한다면 실험을 수행하고 실험 데이터를 제시하여 결론을 내리는 것이 가장 좋은 방법이다.)