

실험 5. 마찰력

실험 목표

- ✓ 나무블록과 테이블의 최대정지 마찰계수와 운동 마찰계수를 구한다.
- ✓ 수직항력과 마찰력의 관계를 확인한다.
- ✓ 표면에 닿는 넓이와 마찰력의 관계를 확인한다.
- ✓ 표면의 상태와 마찰력의 관계를 확인한다.

배경이론

- ✓ (Young) Chapter 5.3 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 4.8 참고

마찰력

두 물체 사이의 접촉력은 접촉면에 수직으로 작용하는 수직항력 \vec{n} 과 접촉면에 평행한 마찰력 \vec{f} 에 의해 결정된다. 물체가 표면 위에서 미끄러질 때의 마찰력을 운동 마찰력이라 부른다. 운동 마찰력의 크기 f_k 는 근사적으로 수직 항력의 크기 n 에 운동 마찰계수 μ_k 를 곱한 것과 같다. 물체가 표면에 대해서 움직이지 않으면 정지 마찰력이 작용한다. 가능한 최대의 정지 마찰력은 근사적으로 수직 항력의 크기 n 에 운동 마찰계수 μ_s 를 곱한 값과 같다. 실제 정지 마찰력은 상황에 따라 $0 \sim$ 최대정지 마찰력 사이의 어느 값이든 가능하다. 접촉한 한 쌍의 표면이 정해지면, 보통 μ_s 는 μ_k 보다 크다.

$$\text{운동 마찰력의 크기: } f_k = \mu_k n, \quad \text{정지 마찰력의 크기: } f_s \leq \mu_s n$$

실험도구

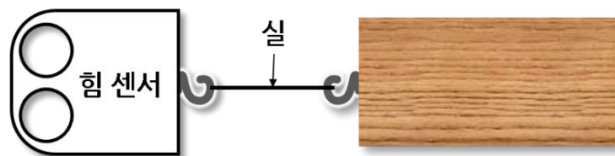
컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블 1 개, USB 플래시 메모리, 힘 센서 1 개, 나무블록 1 개, 말굽 추(100 g 1 개, 200 g 1 개), 500 g 추 1 개, 사포 1 장, 실, 가위.

실험과정

예비실험

1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.

2. 힘 센서를 인터페이스에 연결한다.
3. [실험설정] → [입력설정] 에서 [측정간격]을 0.05초로 바꾼다.
4. 힘 센서가 움직이지 않도록 하고, [실험설정] → [센서설정]으로 들어가서 센서교정의 [교정하기]를 누른다. [교정]을 누른 후 [닫기]를 누른다.
 - ※ 힘 센서는 매 실험마다 영점을 다시 잡아줘야 한다.
5. 아래의 그림과 같이 나무블록의 부직포가 없는 넓은면이 바닥으로 향하게 두고, 나무블록의 고리와 힘 센서를 실로 연결한다.



6. [차트 만들기] → [종합차트만들기]를 눌러서 힘-시간 그래프를 만든다.

나무블록 위에 여러가지 추를 올려서 데이터가 가장 잘 나오는 질량 조건을 찾을 것이다. 찾은 조건으로 ‘본 실험’을 진행하라.
7. [실험시작]을 누르고 힘 센서를 잡고 천천히 당긴다. 나무블록이 움직이기 시작하면 등속운동해야한다. 충분히 움직인 후 [실험중지]를 누른다.
 - ※ 힘 센서의 고리를 잡고 물체를 움직일 때 윗방향이나 아랫방향으로 힘을 주지 않도록 한다. 또한 추가 나무블록을 벗어나지 않도록 너무 강하게 잡아당기지 않는다.
8. 테이블 위에 사포를 올려놓고, 그 위에 나무블록을 올린다. 위와 마찬가지로 데이터가 가장 잘 나오는 질량 조건을 찾는다.
 - ※ 사포를 테이블 위에 잘 고정한다. 잘 고정되지 않는다면, 실험하는 동안 한 사람이 힘 센서가 있는 쪽과 반대편 쪽의 사포를 잡고 있다.

본 실험

1. 나무블록 위에 ‘예비실험’에서 찾은 질량만큼 추를 올린다. ‘예비실험’의 과정 7처럼 진행한다.
2. 출력된 힘-시간 그래프를 이용하여 최대정지 마찰력과 운동 마찰력을 구하여 실험 결과에 기입한다. 이 과정을 3 번 반복한다.
 - ※ 운동 마찰력은 시간에 따라 약간씩 바뀐다. 따라서 일정 구간의 평균을 운동 마찰력으로 사용한다.

3. 나무블록의 부직포가 없는 넓은면이 바닥을 향하게 두고, 질량을 바꿔서 1-2 과정을 3번 반복한다.
4. 나무블록의 부직포가 없는 좁은면이 바닥을 향하게 두고, 1-2 과정을 3번 반복한다.
5. 사포 위에 나무블록의 부직포가 없는 넓은면이 바닥으로 향하게 두고, 나무블록 위에 '예비실험'에서 찾은 질량만큼 추를 올린다. 1-2 과정을 3번 반복한다.
6. 나무블록의 부직포가 없는 좁은면이 바닥을 향하게 두고, 5 과정을 3번 반복한다.

실험 결과

중력 가속도	9.79901 m/s² (충북 청주 기준. Wolfram Alpha 제공)
---------------	---

테이블 + 나무블록의 넓은면 + 추 (100 g 개 + 200 g 개 + 500 g 개)

질량 [kg]	수직항력 n [N]	반복 횟수	최대정지 마찰력 f_k [N]	운동 마찰력 f_s [N]
		1		
		2		
		3		
		평균		

테이블 + 나무블록의 넓은면 + 추 (100 g 개 + 200 g 개 + 500 g 개)

질량 [kg]	수직항력 n [N]	반복 횟수	최대정지 마찰력 f_k [N]	운동 마찰력 f_s [N]
		1		
		2		
		3		
		평균		

테이블 + 나무블록의 좁은면 + 추 (100 g 개 + 200 g 개 + 500 g 개)

질량 [kg]	수직항력 n [N]	반복 횟수	최대정지 마찰력 f_k [N]	운동 마찰력 f_s [N]
		1		
		2		
		3		
		평균		

사포 + 나무블록의 넓은면 + 추 (100 g 개 + 200 g 개 + 500 g 개)

질량 [kg]	수직항력 n [N]	반복 횟수	최대정지 마찰력 f_k [N]	운동 마찰력 f_s [N]
		1		
		2		
		3		
		평균		

사포 + 나무블록의 좁은면 + 추 (100 g 개 + 200 g 개 + 500 g 개)

질량 [kg]	수직항력 n [N]	반복 횟수	최대정지 마찰력 f_k [N]	운동 마찰력 f_s [N]
		1		
		2		
		3		
		평균		

결과 분석

표를 구성하기에 앞서서 각각의 실험마다 정지 마찰계수와 운동 마찰계수를 구하라.

- ✓ 수직항력과 마찰력 및 마찰계수의 관계를 비교할 수 있도록 표를 구성하라.
 - ✓ 표면에 닿는 면적과 마찰력 및 마찰계수의 관계를 비교할 수 있도록 표를 구성하라.
 - ✓ 표면의 상태와 마찰력 및 마찰계수의 관계를 비교할 수 있도록 표를 구성하라.
- ※ 필요하다면, 추가 실험을 통해 다른 데이터를 얻어 표를 구성하라.

결론

- ✓ 힘-시간 그래프 1개를 붙이고, 나무블록이 미끄러짐을 유지하는데 필요한 힘과 미끄러지기 시작하는데 필요한 힘을 비교하면서 그래프를 분석하라.
- ✓ 정지 마찰계수와 운동 마찰계수의 크기를 비교하라.
- ✓ 수직항력, 표면에 닿는 면적, 표면의 상태와 마찰력의 관계에 대해 설명하라.

고찰

참고자료