

실험 7. 역학적 에너지 보존

실험 목표

- ✓ 외력이 작용할 때 역학적 에너지가 보존이 되는지 확인한다.

배경이론

- ✓ (Young) Chapter 3.3, 7.1 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 3.5, 6.6 참고

역학적 에너지 보존

위치 에너지 U 는 중력 그리고 탄성 위치 에너지의 합 $U = U_{\text{중력}} + U_{\text{탄성}}$ 이다. 중력과 탄성력 외에 다른 힘이 가해지지 않는다면 위치 에너지는 보존된다. 그리고 운동 에너지 K 는 질량과 속도에 의해 결정된다. 위치 에너지와 운동 에너지의 합을 총 역학적 에너지 E 라고 부른다.

보존력이 작용하는 경우의 에너지는 다음과 같다.

$$E = K + U_{\text{중력}} + U_{\text{탄성}} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}kx^2$$

그리고 이때, $E_{\text{처음}} = E_{\text{나중}}$ 이 성립한다.

실험도구

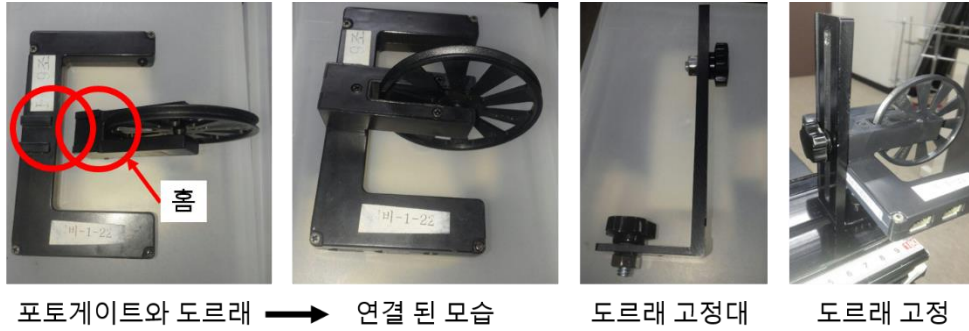
컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블,

포토게이트, 도르래, 도르래 고정대, 분동추(20 g 2개, 50 g 3 개), 용수철, 카트, 스톱퍼 2 개, 트랙, 실, 가위.

실험과정

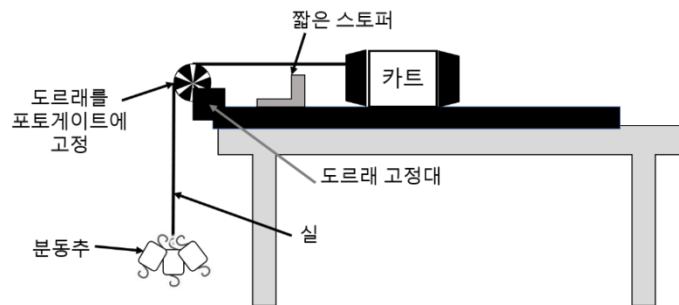
실험 1

1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
2. 포토게이트를 반드시 [A] 채널에 연결한다. 포토게이트 중앙의 홈에 도르래를 연결한다.



※ 포토게이트의 위쪽 허브에 센서연결 케이블을 연결하고, 포토게이트 상단의 스위치가 안쪽으로 향해 있는지 확인한다.

- 아래 그림과 같이 짧은 스톱퍼를 트랙에 설치한다. 그리고 스톱퍼 쪽에 도르래 고정대를 이용하여 도르래를 연결한 포토게이트를 설치한다.



- 카트 앞쪽의 구멍에 실을 연결하고, 실이 도르래를 지나 트랙 아래로 늘어지도록 한다. 그리고 실 끝에는 분동추를 연결한다. 카트와 도르래 사이의 실이 트랙과 최대한 평행하도록 도르래의 높이를 조절한다.

※ 실의 길이는 카트가 스톱퍼에 닿았을 때, 분동추가 바닥에 닿지 않을 정도로 해야 한다.

질문! 분동추의 무게는 어떻게 해야 할까? (Hint. 운동시간이 너무 짧으면 안 된다.)

- [과학실험] → [실험시트 만들기] → [속도, 가속도 - 포토게이트]를 선택한다.
- 실 끝에 단 분동추가 도르래에 닿을 정도로 카트를 뒤쪽으로 옮긴다.
- [실험 시작]을 누르고 카트를 놓는다. 카트가 스톱퍼와 부딪친 후에 [실험 중지]를 누른다.

※ 카트를 손에서 놓기 전에 분동추의 흔들림 때문에 실험값이 나오면 안 된다. 분동추의 높이를 조절하여 실험을 다시 시작한다.

- 측정된 누적거리와 속도를 이용하여 매시간마다 중력 위치에너지와 운동에너지를 구한다. 구한 에너지를 더하여 매시간의 총 에너지를 구한다. 시간, 위치에너지, 운동에너지, 총 에너지를 모두 드래그하여 [삽입] → [분산형 그래프]를 누른다.

실험 2

1. ‘그림 1’처럼 용수철의 한 쪽 끝은 긴 스토퍼에 연결한다. 용수철 반대편 끝은 적당한 길이의 실을 이용하여 카트의 뒤편에 연결한다.

질문! 분동추의 무게는 어떻게 해야 할까? (Hint. 운동시간이 너무 짧으면 안 된다.)

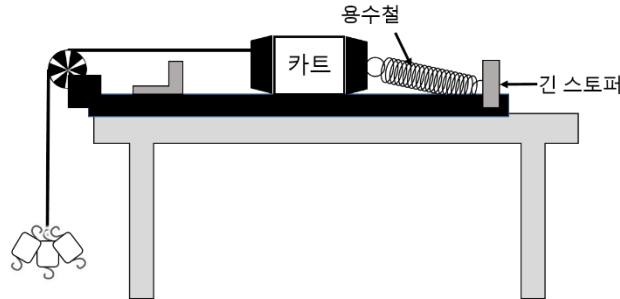


그림 1

2. 실 끝에 단 분동추가 도르래에 닿을 정도로 카트를 뒤쪽으로 옮긴다.
3. [실험 시작]을 누르고 카트를 놓는다. 카트가 되돌아오기 시작하면 [실험 중지]를 누른다.

※ 카트와 스토퍼가 부딪치면 안 된다. 긴 스토퍼의 위치나 분동추의 무게를 조절하여 재실험한다.

4. 카트에서 용수철을 분리하고, 긴 스토퍼의 위치를 ‘그림 2’와 같이 옮긴다. 용수철의 끝에 실을 연결하여 분동추를 매단다. 이때, 분동추는 적당히 무거워야 한다.

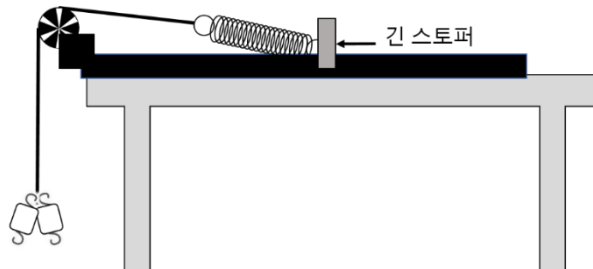


그림 2

5. 분동추를 매단 상태에서 용수철이 움직이지 않을 때(평형상태), 용수철의 길이를 측정한다. 분동추의 질량을 2 번 더 바꿔서 실험한다. 실험 결과를 이용하여 용수철 상수를 구한다.
6. 카트가 움직이기 시작했을 때부터 탄성력이 최대가 되었을때까지 사용한다.
7. 측정된 누적거리와 속도를 이용하여 매시간마다 중력 위치에너지, 탄성 위치에너지, 운동에너지를 구한다. 구한 에너지를 더하여 매시간의 총 에너지를 구한다. 누적시간, 중력 위치에너지, 탄성 위치에너지, 운동에너지, 총 에너지를 모두 드래그하여 [삽입] → [분산형 그래프]를 누른다.

※ 여기서 용수철의 Δx 는 누적거리와 같다.

실험 결과

| | | | |
|---------|----|--------|---|
| 카트의 무게 | kg | 중력 가속도 | 9.79901 m/s ² (충북 청주 기준. Wolfram Alpha 제공) |
| 분동추의 무게 | | 실험 1 | 실험 2 |
| | | kg | kg |

실험 2; 용수철 상수

| | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|
| 추의 개수 | 1 개 | 2 개 | 3 개 |
| 추의 무게 | Kg | kg | kg |
| 용수철의 길이 | m | m | m |
| 늘어난 길이 Δx | | m | m |

결과 분석

- ✓ ‘실험 1, 2’에서 분동추의 무게를 실험자가 정했다. 그렇게 정한 이유를 설명하라.
- ✓ ‘실험 2’의 결과를 이용하여 용수철 상수를 구하라. 그리고 어떤 방법으로 구했는지 자세히 설명하라. (Hint. 중력 = mg, 용수철에 작용한 힘은?)
- ✓ ‘실험 1, 2’의 에너지 그래프를 붙여라.

결론

- ✓ ‘실험 1, 2’에서 실험한 결과를 이용하여 에너지 보존법칙이 성립하는지 설명하라. 이때, 에너지 손실이 일어났는가? 손실이 일어났다면 그 이유를 설명하고, 손실의 원인이 되는 힘의 크기 정도를 추산하라.
- ✓ 실험 결과를 이용하여 Newton의 제 2 법칙을 증명할 수 있는가? 할 수 있다면 어떻게 데이터를 처리해야 하는지 설명하고, 할 수 없다면 더 필요한 측정값에 관해 설명하라.

고찰

참고자료