

# 실험 4. Newton의 제 2법칙

## 실험 목표

- ✓ 힘-시간 그래프와 가속도-시간 그래프를 비교하여 물체의 운동을 분석한다.
- ✓ 힘-가속도 그래프를 분석하여 힘과 질량, 가속도 사이의 관계를 결정한다.
- ✓ 앞으로 움직이는 물체의 운동을 분석한다.

## 배경이론

- ✓ (YOUNG) Chapter 4.3, 5.2 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 4.4 참고

## Newton의 제 2법칙

물체의 관성적 특성은 질량으로 표현된다. 물체에 여러 개의 힘이 작용하고 있을 때, 물체의 가속도는 그 힘들의 벡터 합(곧, 알짜 힘)과 직접적으로 비례하고 물체의 질량에 반비례한다. 이 관계가 Newton의 제 2법칙이다. Newton의 제 1법칙과 마찬가지로, 이 법칙도 관성기준계에서만 유효하다. 힘의 단위는 질량과 가속도의 단위로 정의된다. SI단위계에서 힘의 단위는 N(뉴턴)이고,  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$  과 같다.

$$\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}$$

## 실험도구

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블 3 개, USB 플래시 메모리, 힘 센서, 가속도 센서, 모션 디텍터, 카트, 500 g 추 1 개, 트랙, 테이프, 스톱퍼 2개, 클램프 1개.

## 실험과정

### 실험 1

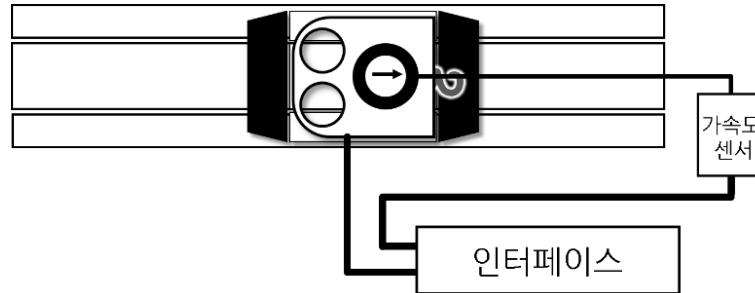
1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
2. 가속도 센서를 [B] 채널에 연결하고, 힘 센서를 [C] 채널에 연결한다.

※ 반드시 위와 같이 연결해야 한다. 순서가 바뀌면 안된다.

3. 힘 센서 측면의 스위치로 Range를 설정할 수 있다. 80 N 쪽으로 스위치를 옮긴다.
4. 아래 그림과 같이 [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]를 테이프로 묶은 후 트랙 위에 올린다.

※ 가속도 센서의 케이블이 힘센서의 고리방향을 향하도록 배치해야 한다.

※ 카트와 센서를 테이프로 단단히 고정시킨다.



5. [실험설정] → [입력설정] 에서 [측정간격]을 0.05초로 바꾼다.
6. 가속도 센서와 힘 센서가 움직이지 않도록 하고, [실험설정] → [센서설정]으로 들어가서 센서 교정의 [교정하기]를 누른다. [교정]을 누른 후 [닫기]를 누른다. 이 때, 두 센서 모두 영점을 설정 해야한다. [CH C]의 힘 센서도 반드시 영점 설정을 한다.
 

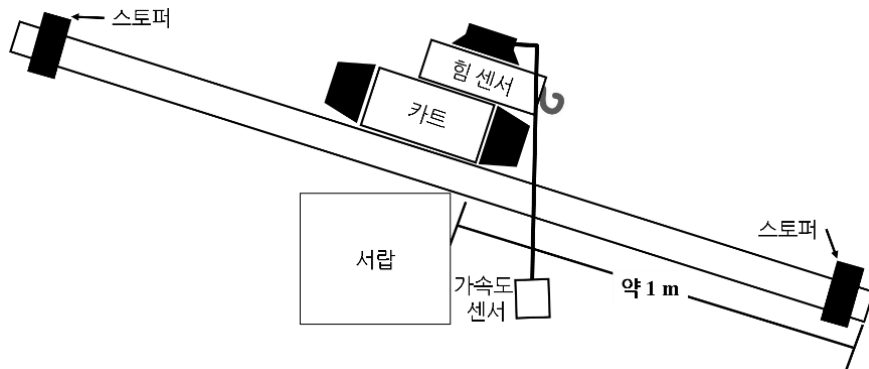
※ 힘 센서와 가속도 센서는 매 실험마다 영점을 다시 잡아줘야 한다.
7. [실험설정] → [센서설정]에서 [CH B]로 놓고 가속도 센서의 단위변환 [설정하기]를 누른다. g 대신  $m/s^2$  으로 설정한 후에 [적용]을 누른다. [적용]을 누르고, [확인]을 누른다.
8. [차트만들기] → [개별차트만들기]를 눌러서 가속도-시간, 힘-시간 그래프를 만든다.
9. [실험시작]을 누르고 힘 센서의 고리를 붙잡고 적당한 속도로 장치를 앞뒤로 반복하여 움직인 후 [실험중지]를 누른다.
 

※ 힘 센서의 고리를 잡고 움직일 때 윗방향이나 아랫방향으로 힘을 주지 않도록 한다.
10. [분석도구] → [선형]을 클릭 한다. [기준이 되는 데이터]에 가속도의 일정 범위를, [분석할 데이터]에 힘의 같은 범위를 지정한다. [분석될 데이터]는 비어 있는 오른쪽 공간의 셀을 임의로 지정하고 [확인]을 누른다. [분석될 데이터]를 측정값과 너무 가깝게 배치할 경우 측정값이 지워질 우려가 있다. (부록 3.1 사이언스큐브로 선형분석하기 참고)
11. [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서 + 500 g 추 1 개]로 위의 실험을 반복한다.
 

※ 추와 카트를 테이프로 단단히 고정시킨다.

## 실험 2

1. 아래 그림과 같이 트랙을 바닥에 닿은 곳부터 서랍까지의 거리가 약 1m가 되도록 기울인다.



2. [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]를 테이프로 묶어서 트랙 위에 올린다.
3. 카트가 떨어지는 것을 방지하기 위해 트랙의 앞 뒤로 스토퍼를 설치한다.
4. 힘 센서와 가속도 센서가 움직이지 않도록 하고, [실험설정] → [센서설정] → [교정하기]로 영점을 맞춘다.
5. [실험시작]을 누르고 힘 센서의 고리를 붙잡고 적당한 속도로 장치를 앞뒤로 반복하여 움직인 후 [실험중지]를 누른다.
6. ‘실험 1’의 10 과정처럼 선형분석을 한다.

## 실험 결과

### 실험 1

	측정값	오차율 [%]
[카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]의 무게	kg	
힘-가속도 그래프의 기울기		
[카트 + 힘 센서 + 가속도 센서 + 500 g 추 1 개]의 무게	kg	
힘-가속도 그래프의 기울기		

## 실험 2

	측정값	오차율 [%]
[카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]의 무게	kg	
올라갈 때 힘-가속도 그래프의 기울기		
내려갈 때 힘-가속도 그래프의 기울기		

## 결과 분석

- ✓ ‘실험 1’의 [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]의 힘-시간 그래프, 가속도-시간 그래프를 붙인다.
- ✓ ‘실험 1’의 [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서], [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서 + 500 g 추 1 개]의 힘-가속도 그래프를 각각 붙인다
- ✓ ‘실험 2’의 [카트 + 힘 센서 + 가속도 센서]의 힘-가속도 그래프를 붙인다.

## 결론

- ✓ ‘실험 1’에서 얻은 기울기를 질량과 비교하라. 이 결과를 이용하여 힘, 질량, 그리고 가속도의 관계를 일반적인 식으로 표현하라.
- ✓ ‘실험 1’에서 가속도-시간 그래프와 힘-시간 그래프를 비교해보고, 차이점과 유사점을 설명하라.
- ✓ ‘실험 2’의 힘-가속도의 선형분석 결과는 영점을 벗어나 있다. 이런 결과가 나온 이유를 ‘실험 1’과 비교하여 설명하라.
- ✓ ‘실험 1’과 ‘실험 2’의 기울기는 왜 다르게 나오는가? 수식으로 설명을 해 보아라.
- ✓ ‘실험 2’에서 올라갈 때 힘-가속도 그래프의 기울기와 내려갈 때 힘-가속도 그래프의 기울기가 다른 이유를 수식을 이용하여 설명해본다.

## 고찰

## 참고자료