

# 실험 1. 측정 연습

## 실험 목표

- ✓ 물체의 길이와 두께를 측정한다.
- ✓ 측정 과정에서 발생하는 오차가 결과에 미치는 정도를 계산한다.

## 배경이론

### 유효숫자

0.023 이나 2300 과 같이 숫자를 표시할 때, 크기의 정도를 나타내기 위해 0 이 사용된다. 유효숫자란 단순히 자릿수를 표시하기 위해 사용하는 0 이 아니라, 측정할 때 의미를 가지는 숫자를 의미한다. 0.023 에서 앞 두 개의 0 은 유효숫자가 아니다. 2300 의 0은 유효숫자일 수도 있고 아닐 수도 있다. 유효숫자를 정확히 표현하기 위해서는 과학적 표기법을 사용한다.

과학적 표기법은 소수점 위에 숫자 하나만 남기고 유효숫자를 모두 쓰고, 크기의 정도는  $10^x$ 로 표시하는 방법을 말한다. 위의 두 숫자는  $2.3 \times 10^{-2}$ ,  $2.30 \times 10^3$ 로 표시한다. (2300 의 경우 세자리가 유효숫자인 것으로 표시하였다.)

### 측정의 보고

측정결과 = 측정값  $\pm$  불확도 (단위)

측정자는 불확도를 가능한 한 정확하게 표현해야 할 의무가 있다.

예) 디지털저울(최소눈금 0.1 g)로 추의 질량 측정:  $10.2 \pm 0.05$  g

예) 1 mm 눈금을 가진 자로 막대길이 측정:  $101.5 \pm 0.2$  mm

한 번 측정했을 때는 위의 예와 같은 불확도를 가진다. 하지만 반복 측정했을 경우에는 표준편차나 표준 오차 등을 이용하여 불확도를 결정한다.

## 실험도구

버니어캘리버, 마이크로미터, 측정할 시료(스마트폰-실측값(홈페이지 등에서 제공하는 길이)을 알 수 있다면 다른 물건도 상관없음, 동전-동전의 종류는 상관없음.)

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블 1 개, 운동기록 센서, 자

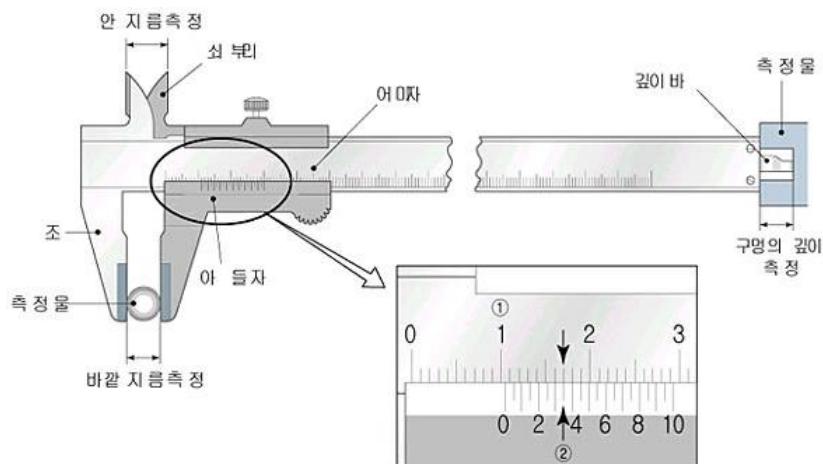
USB 플래시 드라이브.

### <참고 - 실험도구 사용법>

#### 버니어캘리퍼(Vernier Calliper)

버니어(아들자)가 달린 캘리퍼를 버니어캘리퍼라고 한다. 본체의 최소 눈금의 1/10 혹은 그 이상의 정밀도까지 측정할 수 있다. 아들자는 1 mm를 20등분하여 만든 것으로, 아들자의 한 눈금은 본체의 두 눈금보다  $1/20(=0.05)$  mm만큼 짧게 되어 있다. 따라서 아들자의 n번째 눈금이 어미자의 눈금과 일치하고 있으면,  $n \times 0.05$  mm 만큼 더해줘야 한다.

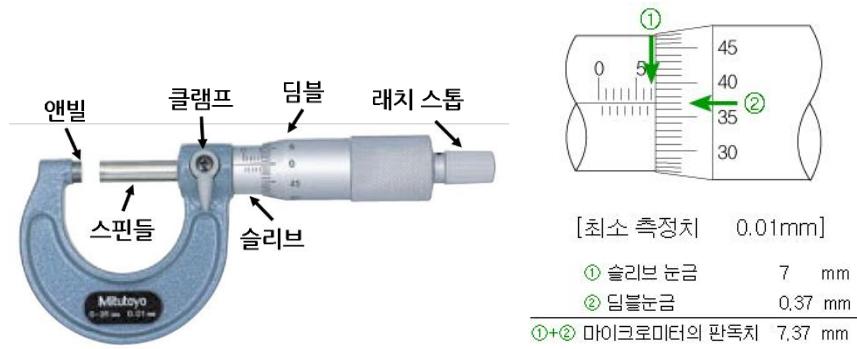
예를 들어, 아래에서 아들자의 0이 어미자의 눈금 1을 약간 넘었다. 따라서 물체의 외경은 10.xx mm 일 것이다. 그리고 어미자와 아들자의 7번째 눈금이 일치했으므로  $7 \times 0.05$  mm 만큼 더해준다. 전체 눈금은  $10 + 7 \times 0.05 = 10.35$  mm 이다. 버니어캘리퍼를 올바르게 사용하지 않으면 개인오차가 발생하여 정확한 측정을 할 수 없으므로 주의해서 사용해야 한다.



#### 마이크로미터(Micrometer)

딴블이 한 바퀴 돌면 0.5 mm를 전진 또는 후진하게 되는데, 딴블에는 눈금이 50등분 되어 있으므로 한 눈금은  $0.01(=0.5/50)$  mm를 나타낸다. 눈금은 아래의 그림처럼 읽으면 된다. 마이크로미터의 영점은 물체를 끼우지 않은 상태에서 앤빌과 스펀들이 닿았을 때의 눈금이다.

**스핀들을 앤빌쪽으로 밀 때는 반드시 래치 스톱을 돌린다.** 래치 스톱은 일정 이상의 힘을 가하면 더이상 시료를 조이지 않도록 설계되어 있다. 하지만 딴블을 돌리면서 측정하면 측정자가 가해준 힘에 따라 측정값이 달라지므로 정확한 측정을 할 수 없다. 그리고 스펀들을 당길 때는 딴블을 이용한다.(래치 스톱을 돌릴 경우 헛돌면서 래치 스톱이 빠질 우려가 있다.)



## 실험과정

### 실험 1

1. 버니어캘리퍼의 구조를 관찰하여 각 부품의 기능을 이해한 후에 사용 방법을 익힌다.
2. 버니어캘리퍼를 사용하여 스마트폰의 길이와 두께를 측정한다.
3. 실험 결과에 측정값을 기입한다.
4. 마이크로미터의 구조를 관찰하여 각 부품의 기능을 이해한 후에 사용 방법을 익힌다.
  - ※ 반드시 래치스톱을 돌려서 측정한다.
5. 마이크로미터를 사용하여 스마트폰의 두께를 측정한 후 실험 결과에 측정값을 기입한다.
  - ※ 과도한 힘을 가하면 액정이 깨질 수 있으니 반드시 래치스톱을 이용하여 측정한다.
6. 측정을 5 번 반복한다.
7. 스마트폰 제조사의 홈페이지에서 실제 길이와 두께를 조사하여 결과분석에 기입한다.

### 실험 2

1. 버니어캘리퍼를 이용하여 동전의 지름을 측정한 후 실험 결과에 측정값을 기입한다.
2. 측정을 5 번 반복한다.

### 실험 3

1. 인터페이스 연결케이블(회색)을 이용하여 인터페이스와 컴퓨터를 연결한다.
2. Excel 프로그램을 실행하고, 왼쪽 상단의 '새 통합 문서'를 누른다.
3. 센서 연결케이블(검은색)을 이용하여 운동기록 센서를 인터페이스의 [A] 채널에 연결한다.
4. 리본 메뉴 중에 [추가기능]을 누른다.

5. [실험설정] → [입력설정] 에서 [측정간격]을 0.05초로 바꾼다. [적용]을 누른다.

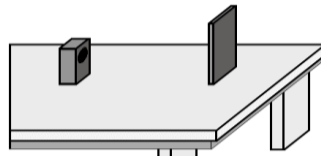
6. [실험설정] → [채널설정]에서 운동기록 센서가 잡히는지 확인한다.

※ 만일, 운동기록 센서(모션 디텍터) 외의 다른 센서가 잡히거나, '터미널 블록'이라고 나타나면, 연결이 잘 안되었을 확률이 높다. 인터페이스의 전원이 잘 들어왔는지 확인한 후에 센서 연결 케이블을 점검한다.

7. [실험설정] → [설정]의 '비주얼 스튜디오로 실험하기'의 체크를 해제한다.

8. 아래의 그림과 같이 운동기록 센서는 테이블의 한쪽 끝에 세워 두고, 물체는 약 30 cm 떨어진 곳에 세워 둔다.

※ 운동기록 센서는 충격에 상당히 약하므로 충격을 가하거나 부딪히지 않게 주의한다.



9. 물체와 운동기록 센서를 고정시키고, [실험시작]을 누른다. 약 3초정도 지난 후에 [실험중지]를 누른다. 이 방법을 이용하면 운동기록 센서를 이용하여 물체까지의 거리를 측정할 수 있다.

10. 자를 이용해서 운동 센서와 물체 사이의 거리를 측정한다.

11. 과정 9-10의 측정을 3 번 반복한다.

## 실험 결과

### 실험 1

반복횟수	버니어캘리퍼			마이크로미터
	가로 길이 [mm]	세로 길이 [mm]	두께 [mm]	두께 [mm]
1				
2				
3				
4				

5				
---	--	--	--	--

실험 2

반복 횟수	1	2	3	4	5
동전의 지름 [mm]					

### 실험 3

반복 횟수	운동기록 센서를 이용하여 측정한 물체까지의 거리 [cm]	자를 이용하여 측정한 물체까지의 거리 [cm]
1		
2		
3		

### 결과 분석 방법

**표준 오차(standard error):** 평균값들로 구성된 분포의 표준편차. 평균값에 대한 불확도를 나타낸다. 측정횟수가 증가할수록 감소한다.

$$\sigma_x = \frac{S_x}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

반복 측정의 결과는 다음과 같이 보고 한다.

$$x = \bar{x} \pm \sigma_x \text{ (단위)} \rightarrow \text{결과값} = \text{평균값} \pm \text{표준오차 (단위)}$$

### 결과 분석

#### 실험 1

	버니어캘리퍼			마이크로미터
	가로 길이	세로 길이	두께	두께
실제값 [mm]				
평균값 [mm]				
표준 오차				
측정의 보고 [mm]				

## 실험 2

사용한 동전의 종류	
추정한 동전 톱니바퀴의 개수	
실제 동전의 지름 [mm]	
동전 지름의 평균값 [mm]	
동전 지름의 표준 오차	
동전 지름 측정의 보고 [mm]	

(\* 실제 동전의 지름; 50 원 - 21.6 mm , 100 원 - 24 mm, 500 원 - 26.5 mm)

## 실험 3

운동기록 센서를 이용하여 측정한 물체까지의 거리의 평균값 [cm]	
운동기록 센서를 이용하여 측정한 물체까지의 거리의 표준 오차	
자를 이용하여 측정한 물체까지의 거리의 평균값 [cm]	
자를 이용하여 측정한 물체까지의 거리의 표준 오차	

## 결론

- ✓ 측정을 여러 번 하여 평균을 구하는 이유는 무엇인가? 여러 번 측정하는 것이 항상 필요한가?
- ✓ 운동기록 센서를 이용하여 측정한 결과와 자를 이용하여 측정한 결과를 비교해 보아라.

## 고찰

## 참고자료

부산대학교 물리학교재편찬위원회, "일반물리학실험", 청문각, 2014, pp. 11-26

이창영, "새로운 일반물리실험", 청문각, 2009, pp. 23-26