Physics and Engineering Physics

일반물리학 및 실험 (1)

에어트랙

평균속도와 1차원 충돌

여소령 수정날짜 – 2020.02.18

김현진 수정날짜 – 2021.02.23

연세대학교 YONSEI UNIVERSITY

Contents

실험 목적 01

이론 02

실험 기구 및 장치 03

실험 방법 04

데이터 및 결과 05

실험 목적

- 1차원 운동을 통하여 평균속도를 이해하고, 평균속도에 대해서 알아본다.
- 1차원 충돌을 통하여 탄성 충돌 및 비탄성 충돌을 이해하고 운동량 보존을 확인한다.

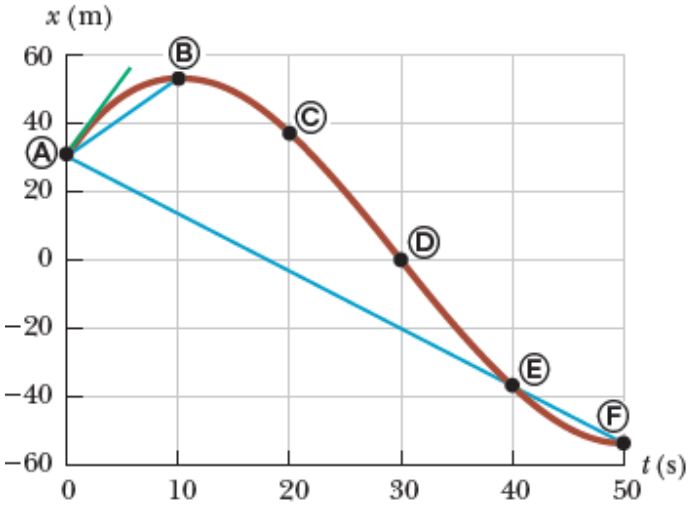
이 론

평균속도

① 변위 $\triangle x$를 변위가 일어난 시간 간격 $\triangle t$로 나눈 것.

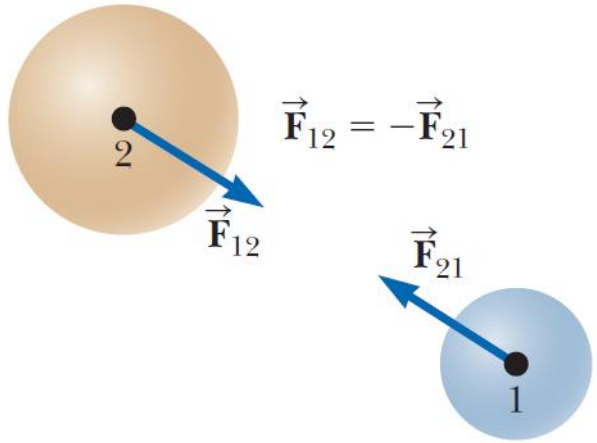
$$v_{x,avg} \equiv \frac{\triangle x}{\triangle t}$$

② [그림 1]의 그래프에서 Ⓐ에서 Ⓕ까지의 평균속도는 두 점 사이를 이은 선의 기울기와 같다.



연세대학교 YONSEI UNIVERSITY

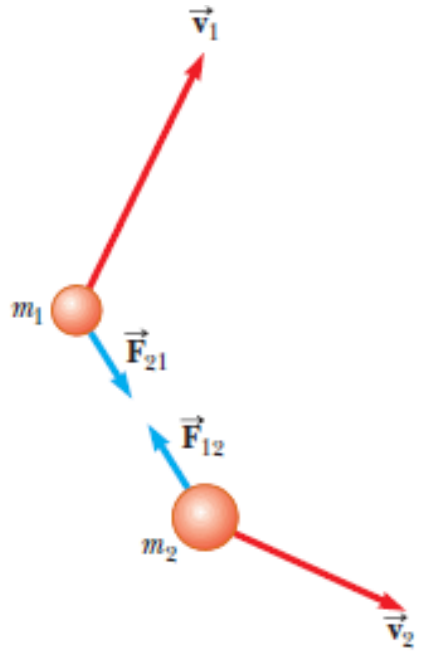
뉴턴의 제 3 법칙



두 물체가 상호 작용할 때, 물체 1이 물체 2에 작용하는 힘 $\overrightarrow{F_{12}}$는 물체 2가 물체 1에 작용하는 힘 $\overrightarrow{F_{21}}$ 과 크기는 같고 방향은 반대이다.

$$\overrightarrow{F_{12}} = -\overrightarrow{F_{21}}$$

이 론



선운동량

속도 $\vec{v}$로 움직이는 질량 m인 입자나 또는 물체의 선운동량(linear momentum)은 질량과 속도의 곱으로 정의된다.

$$\vec{p} \equiv m\vec{v}$$

연세대학교 YONSEI UNIVERSITY

선운동량 보존 법칙

뉴턴의 제 3법칙에 의해,

$$\overrightarrow{F_{12}} + \overrightarrow{F_{21}} = 0$$

$$m_1\overrightarrow{a_1} + m_2\overrightarrow{a_2} = 0$$

$$m_1\frac{d\overrightarrow{v_1}}{dt} + m_2\frac{d\overrightarrow{v_2}}{dt} = 0$$

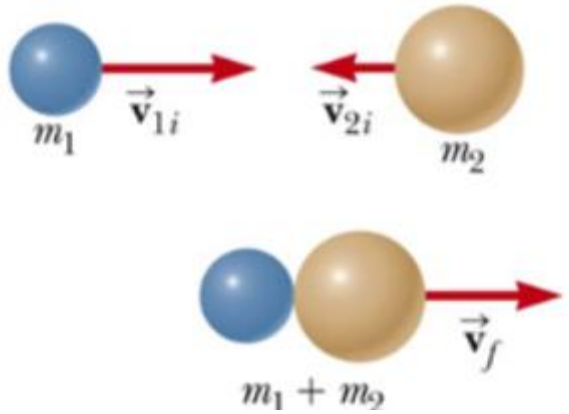
$$\frac{d}{dt}(m_1\overrightarrow{v_1} + m_2\overrightarrow{v_2}) = 0$$

$m_1\overrightarrow{v_1} + m_2\overrightarrow{v_2}$의 시간에 대한 도함수가 영이므로, 이 합은 일정해야한다.

따라서 고립된 입자계에서 각 입자에 대한 이들의 합이 보존된다.

이 론

완전 비탄성 충돌



① 고립계의 운동량이 보존되므로, 충돌 전의 전체 운동량은 충돌 후에 합쳐진 물체의 전체 운동량과 같다.

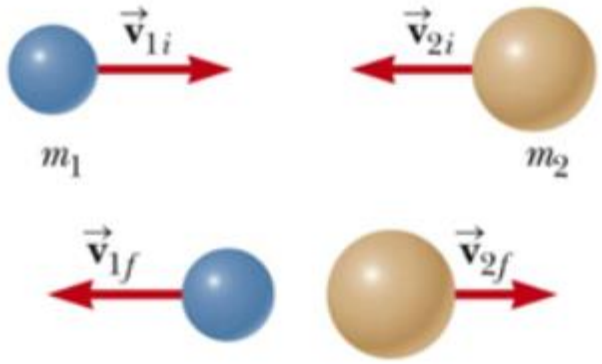
② $m_1\overrightarrow{v_{1i}} + m_2\overrightarrow{v_{2i}} = (m_1 + m_2)\overrightarrow{v_f}$ (1)

나중 속도에 대하여 풀면 다음과 같다.

$$\overrightarrow{v_f} = \frac{m_1\overrightarrow{v_{1i}} + m_2\overrightarrow{v_{2i}}}{m_1 + m_2} \quad (2)$$

이 론

탄성 충돌



① 탄성 충돌에서 계의 운동량과 운동 에너지 모두 보존된다.

② $$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \qquad (3)$$

$$\frac{1}{2} m_1 {v_{1i}}^2 + \frac{1}{2} m_2 {v_{2i}}^2 = \frac{1}{2} m_1 {v_{1f}}^2 + \frac{1}{2} m_2 {v_{2f}}^2 \qquad (4)$$

(3),(4) 식을 연립하면

$$m_1 \left({v_{1i}}^2 - {v_{1f}}^2 \right) = m_2 ({v_{2f}}^2 - {v_{2i}}^2) \qquad (5)$$

이 방정식의 양변을 인수분해하여 m_1과 m_2를 포함하는 항을 분리하면

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i}) \quad (6)$$

(5)식을 (6)식으로 나누면 $v_{1i} + v_{1f} = v_{2f} + v_{2i}$

$$v_{1i} - v_{2i} = -(v_{1f} - v_{2f}) \quad (7)$$

두 입자의 질량과 처음 속도를 모두 알고 있다고 한다면 (3)식과 (7)식을 이용하여 충돌 후의 속도들을 충돌 전의 속도들로 구할 수 있다.

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$

실험 기구 및 장치

포토게이트 센서 및 타이머 세트

글라이더와 반발대

포토게이트 측정핀 및 비탄성 충돌키트

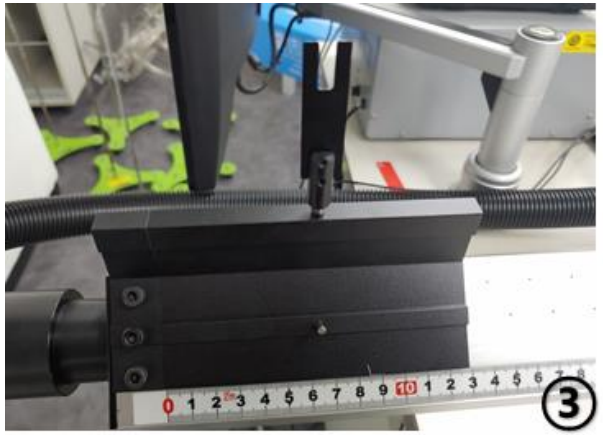
송풍구

에어트랙

실험 방법

A.평균속도 측정

실험 방법



장비 세팅

①포토게이트 센서를 지지대에 고정한다. 고정할 때

포토게이트 센서와 지지대의 발이 반대방향을 향하도록 한다.

그 후 포토게이트 타이머에 연결단자로 연결한다.

②에어트랙 지지대의 나사를 시계방향으로 돌려 높이를 1~2cm

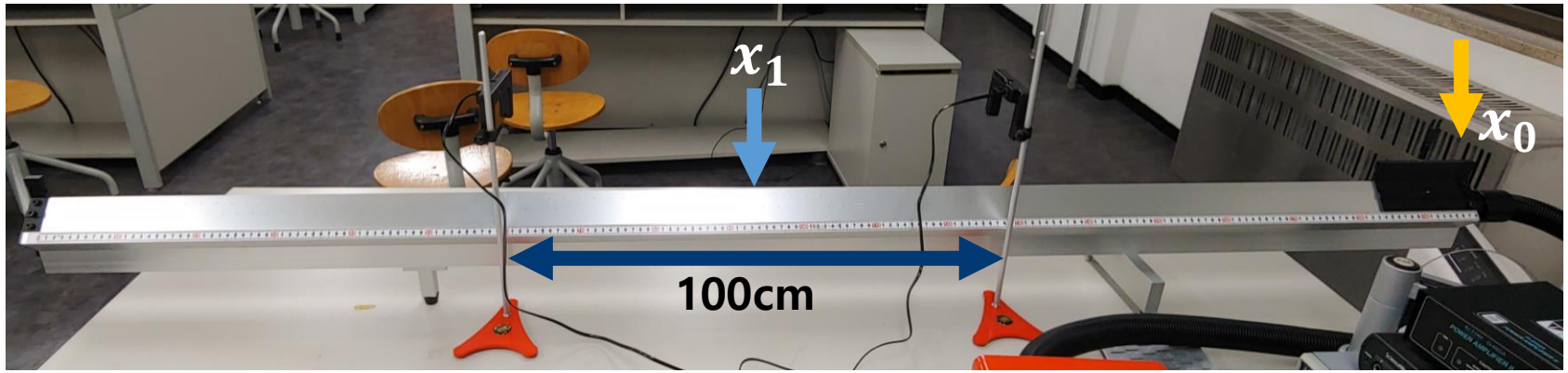
높여준다.

③글라이더에 포토게이트 핀을 평행하도록 꽂는다.

(포토게이트 센서가 두 번 감지되어야 지나간 걸로

인식하기 때문에 핀의 날개가 두 개로 구성되어있다.)

실험 방법



실험 순서

① 트랙 지지대의 나사를 돌려 트랙의 한쪽 끝을 1~2cm 정도 높인다.

② 트랙의 중심에 위치 x_1 을 정한다.

③ 트랙의 올라간 쪽 가까이에 글라이더의 출발점 x_0 를 정한다.

④ x_1 을 중심으로 좌우 똑같은 위치를 정하여, 양쪽에 포토게이트 센서를 설치한다. 두 포토게이터 센서 사이의 거리를 D로 표시하고, 처음에는 100cm로 한다.

실험 방법

포토게이트 설정 방법

①파워선을 연결한다. 밑에 있는 스위치를 밑으로 내려주면 전원이 켜진다.

②포토게이트 센서를 감지할 순서대로 1번, 2번에 연결한다.

③

버튼을 눌러 측정할 종류(TIME. SPEED, ACCEL)를 선택한다.

④

버튼을 눌러 필요한 모드를 선택한다.

실험 방법

⑤측정할 종류와 모드를 선택했다면

을 눌러준다.

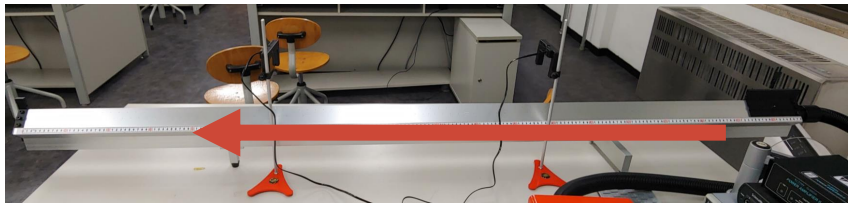
디스플레이에 ! 가 생기는 것을 확인해준다.

⑥! 가 생겼다면 측정을 시작한다. 이후 포토게이트 1, 2가 감지하여 측정한 값이 디스플레이에 뜨면 기록한다.

*포토게이트 1, 2 두 개를 쓸 경우 디스플레이에 1이 측정한 값만 뜬다. 이 때

버튼을 누르면 2가 측정한 값을 볼 수 있다.

실험 방법



⑤ 포토게이트 센서를 Time→TWOGATE 모드에 놓고 START 버튼을 누른다.

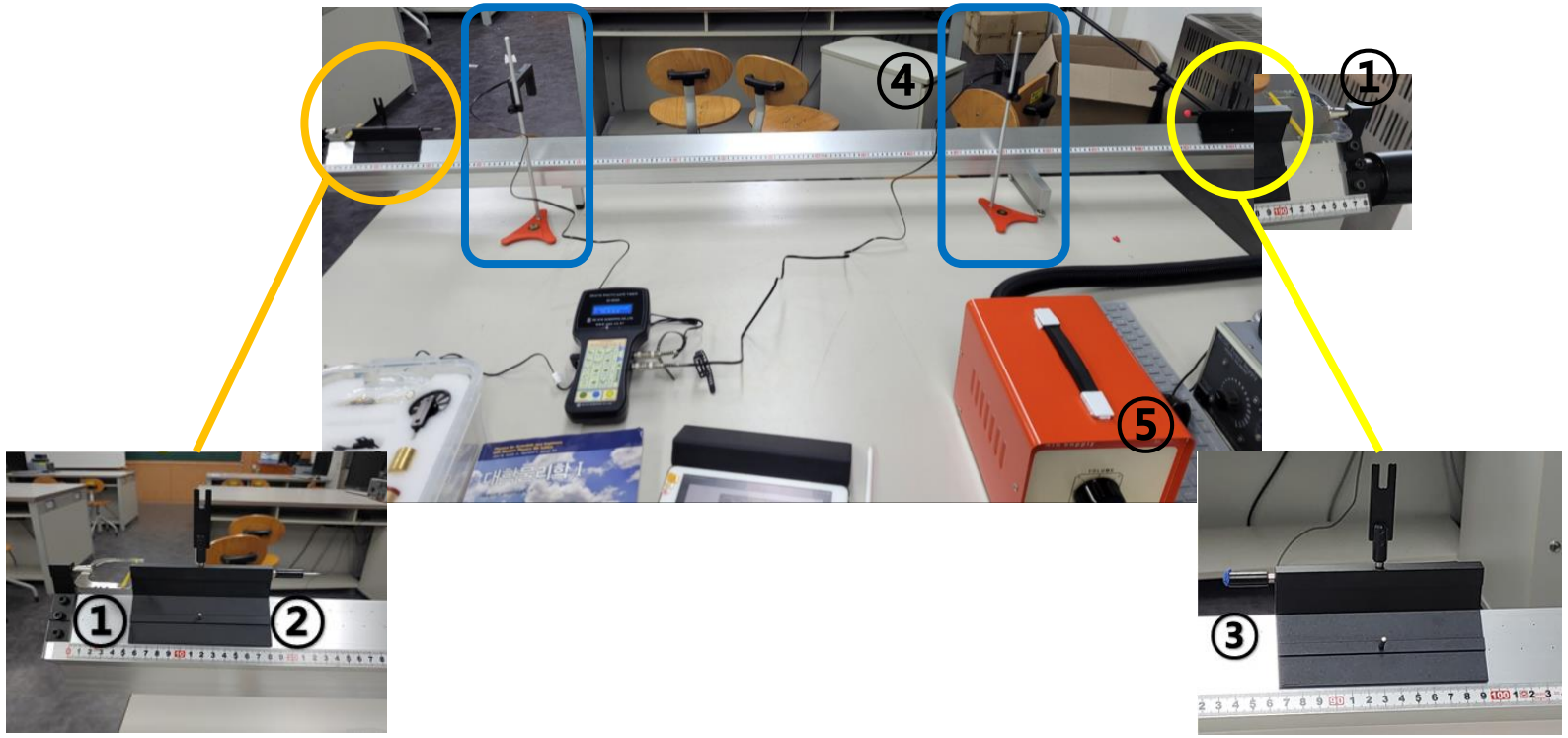
⑥ START버튼을 눌러 디스플레이에 !가 뜨면 송풍기를 3단으로 작동시키고 x_0 의 위치에서 글라이더를 잡고 있다가 살며시 놓는다. 글라이더가 두 포토게이트 사이를 지나가면 다시 START버튼을 누른다. 디스플레이에 뜬 시간 t_1 을 기록한다.

⑦ ⑥~⑧의 과정을 5번 반복한다.

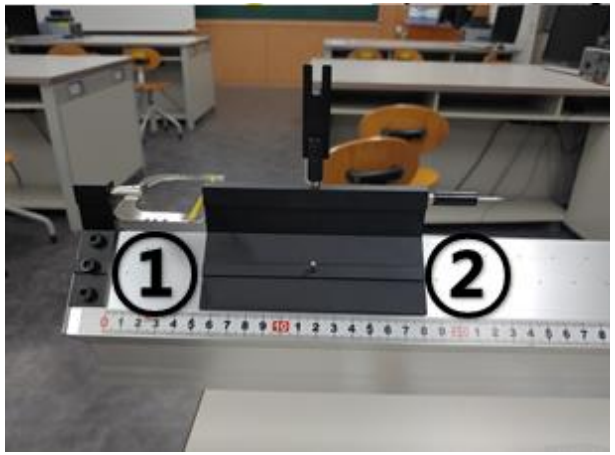
⑧ x_1을 중심으로 D를 20cm씩 줄이면서 ⑥~⑧의 과정을 반복한다.

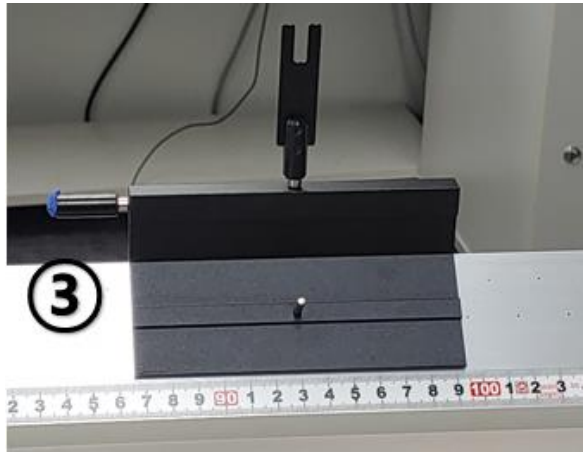
실험 방법

B.일차원 충돌 (완전 비탄성 충돌)



실험 방법





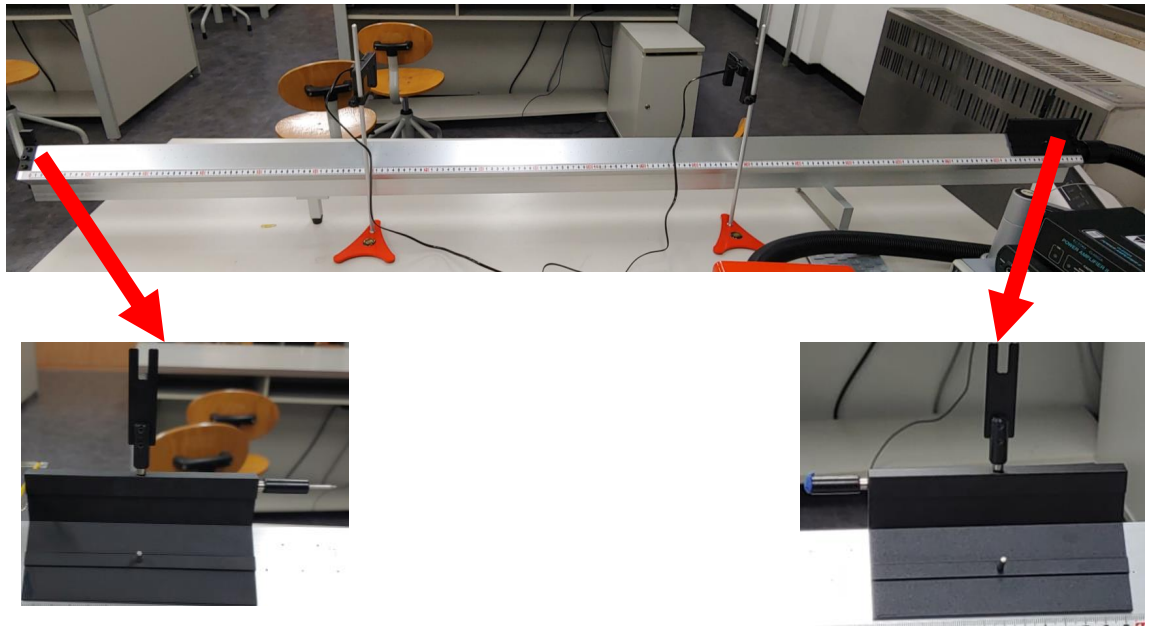
장비 세팅

①'ㄷ' 모양의 반발대에 고무줄을 두 번 감아 에어트랙의 양쪽 끝부분에 설치한다.

②글라이더에 비탄성 충돌 키트 중 쇠 부분이 드러나 있는 핀을 꽂는다.

③나머지 한 글라이더에 찰흙을 조금 떼어 비탄성 충돌 키트 중 홈이 파여져 있는 핀에 채워 넣는다.

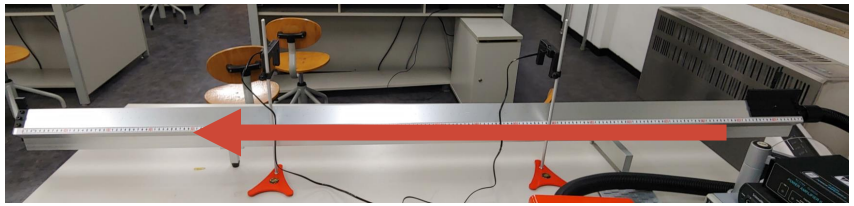
실험 방법

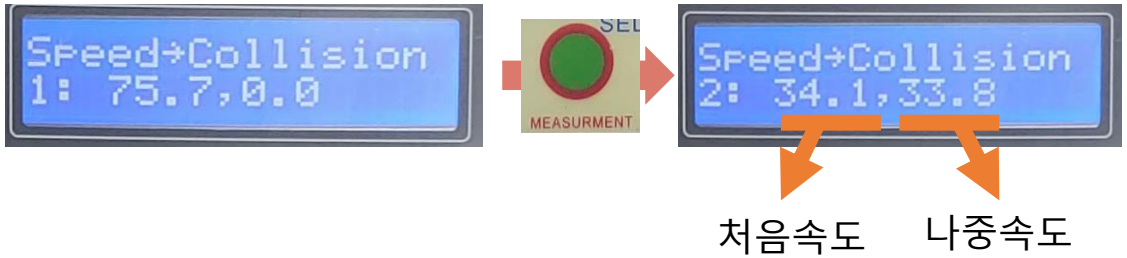


④포토게이트 센서는 에어트랙 중심의 양 옆으로 하여 적당한 간격으로 둔다.

⑤글라이더 두 개를 에어트랙의 양 끝에 둔다.

실험 방법





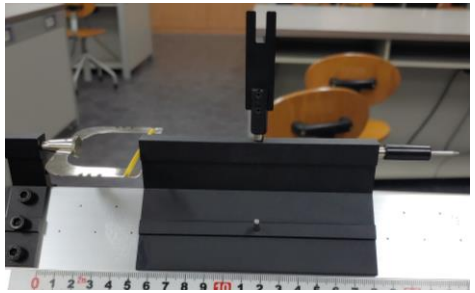
실험 순서

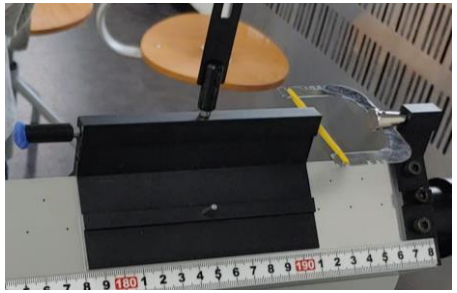
① 사진대로 세팅 되어 있는 상태에서 포토게이트 타이머를 Speed→Collision으로 설정해준다.

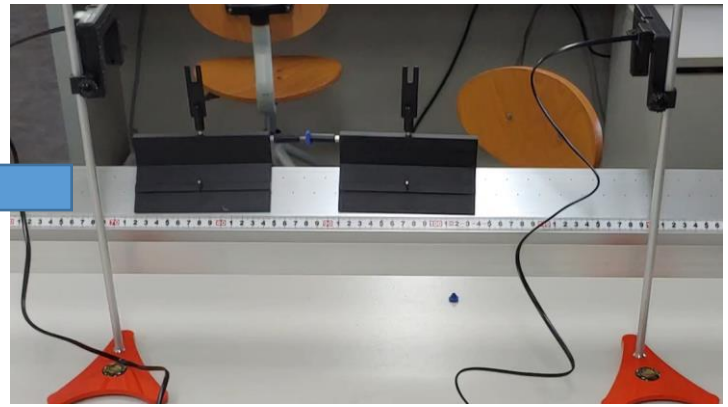
② 포토게이트 타이머의 [START] 버튼을 누르고 !가 뜨면 에어트랙의 양 끝 중 높이가 더 높은 부분에 놓고 송풍구를 3단으로 작동시킨다. 글라이더가 맞은편의 끝부분에 도착하면 [START]버튼을 누른다.

③ 포토게이트1,2에서의 속도를 각각 측정하여 기록한다.

실험 방법







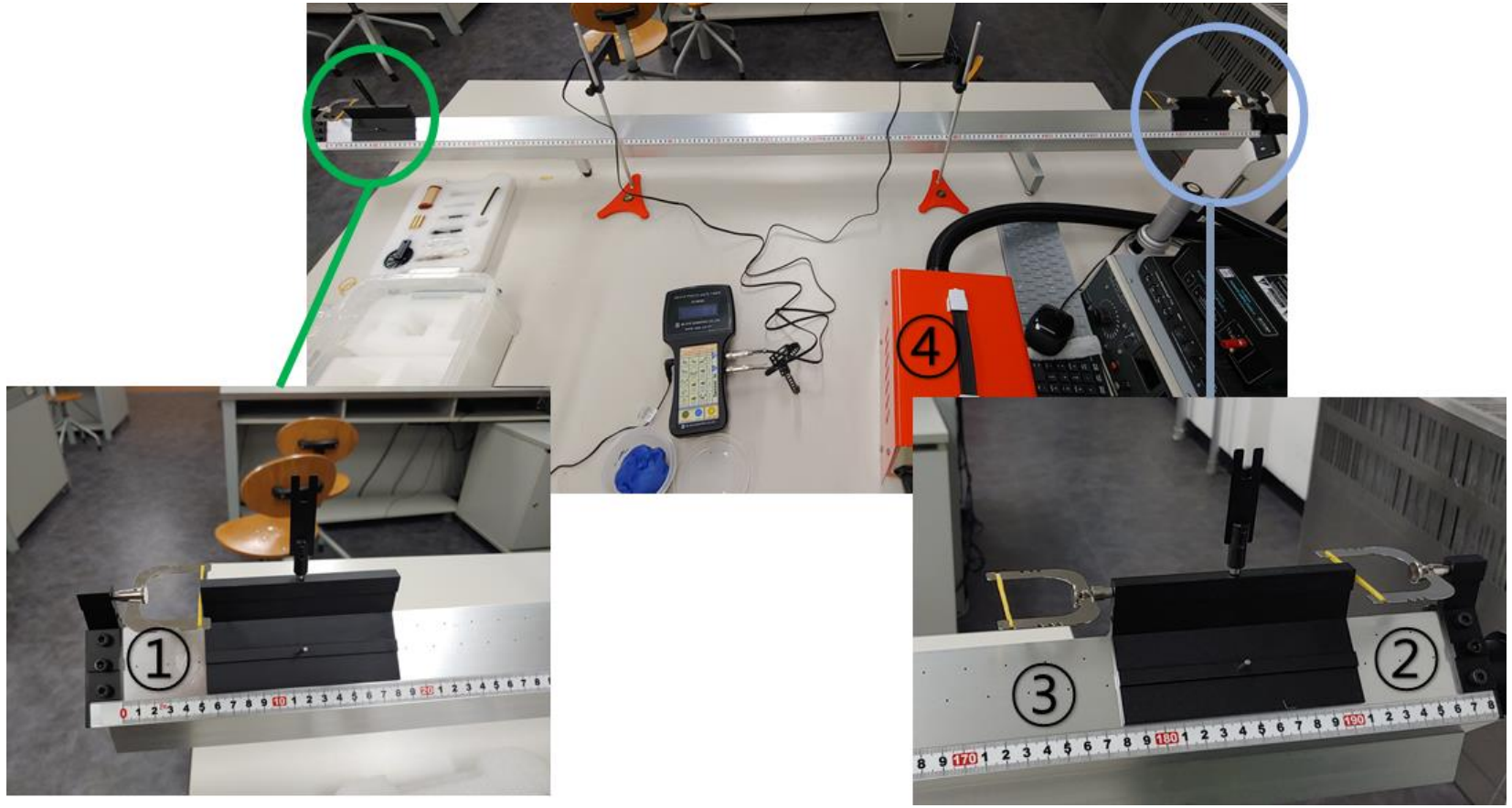
③ 기록 후, 포토게이트 타이머의 [START]버튼을 누르고 느낌표가 뜨면 송풍구를 3단으로 작동시키고 왼쪽 끝의 글라이더와 오른쪽 끝의 글라이더를 동시에 고무줄의 탄성을 이용하여 발사한다.

④ 에어트랙의 중심에서 두 글라이더와 붙어 하나로 움직이는 것을 확인하고(완전 비탄성 충돌) [START]버튼을 눌러 포토게이트 1과 2 각각의 속도를 기록한다.

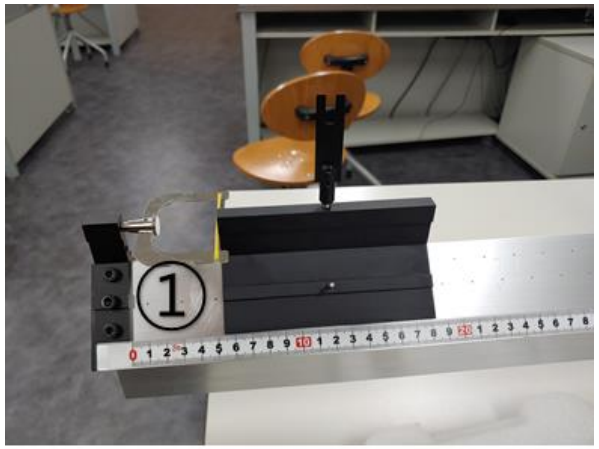
⑤ 각각의 속도에 처음에 기록해 두었던 속도를 더하거나 빼서 오차를 줄인다. (속도 벡터의 방향에 맞게)

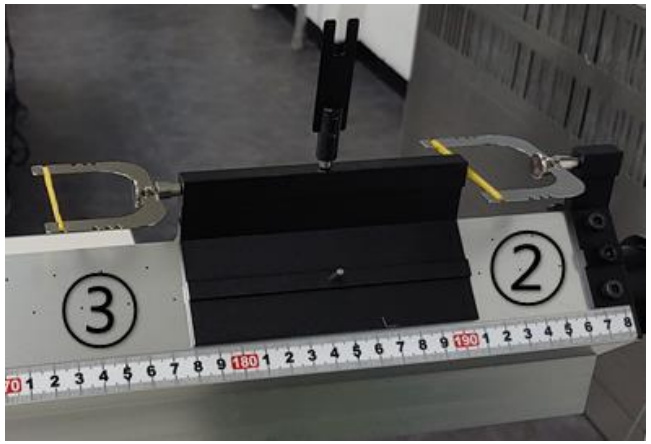
실험 방법

C.일차원 충돌 (탄성 충돌)



실험 방법

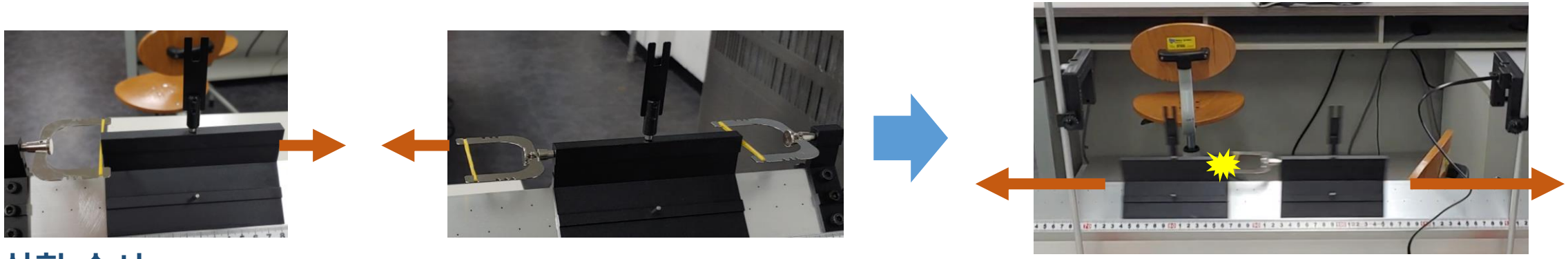




장비 세팅

①,②,③ 'ㄷ'모양의 반발대에 고무줄을 두 번 감아 표시한 위치에 꽂는다. (포토게이트 센서는 전 실험때의 위치와 동일하게 가만히 놔둔다.)

실험 방법



실험 순서

① 사진과 같이 세팅 한 후 포토게이트 타이머의 [START]버튼을 누른다.(설정은 이전 실험과 동일하다.)

② 포토게이트 타이머의 디스플레이에 !가 뜨면 송풍구를 3단으로 작동시킨 후 양 끝의 글라이더를 고무줄 탄성을 이용하여 발사한다.

③ 두 글라이더가 충돌하여 반대방향으로 날아가게 되면 포토게이트 타이머를 확인한다.

④ 각각 포토게이트 1,2에서 충돌 전과 충돌 후의 속도를 기록한다.

⑤ 각각의 속도에 비탄성 충돌 실험 때 측정했던 속도를 비탄성 충돌 실험과 동일하게 더하거나 빼 오차를 줄인다.

주의사항

① 에어트랙 장비가 길고 무거우니 부딪히거나 떨어뜨리지 않도록 한다.

② 포토게이트 타이머로 속도를 측정할 때 먼저 디스플레이에 !가 뜨는 것을 확인한 다음 송풍구를 작동시킨다.

③ 송풍구는 3단 이상 올리지 않도록 한다.

④ 포토게이트 센서를 지지대에 꽂아 세팅 할 때 글라이더의 포토게이트 측정핀이 잘 감지되는 높이를 맞춰 설치한다.

⑤ 송풍구가 꺼진 상태에서 글라이더를 움직이지 않는다.(흠집이 날 수 있다.)

⑥ 포토게이트 타이머의 모드 설정 중 혹은 측정 중에 전원을 억지로 끄지 않도록 한다.

⑦ 속도의 방향을 고려해 부호를 붙여준다.

데이터 및 결과

A. 평균속도 측정

거리(cm)	시간(sec)	속도(m/s)
100		
80		
60		
40		
20		
10		

데이터 및 결과

B. 일차원 충돌 (완전 비탄성 충돌)

① 글라이더를 가만히 놔두었을 때 포토게이트에서의 속도

v_0(m/s)

* 포토게이트 속도 : v_0

*만약 글라이더를 가만히 두었을 때 실험진행 할 방향으로 움직인다면 - 를, 반대 방향으로 움직인다면 +를 해준다.(밀의 표에서 적용)

② 충돌 전, 후 글라이더의 속도

	v_{1i}	v_{2i}	v_f 측정값	v_f 이론값	오차(%)
1					
2					
3					
평균					

* 충돌 전 글라이더 1 속도 : v_{1i}(m/s)$(\pm v_0)$ * 충돌 전 글라이더 2 속도 : v_{2i}(m/s)$(\pm v_0)$

* 충돌 후 글라이더 1+2 속도 : v_f(m/s)$(\pm v_0)$

* $\overrightarrow{v_f} = \dfrac{m_1\overrightarrow{v_{1i}} + m_2\overrightarrow{v_{2i}}}{m_1 + m_2}$ * 글라이더의 질량(m_1, m_2) : 177g

데이터 및 결과

C. 일차원 충돌 (탄성 충돌)

	v_{1i}	v_{2i}	측정값	v_{1f}	v_{2f}	이론값	v_{1f}	v_{2f}	오차(%)	v_{1f}	v_{2f}
1											
2											
3											
평균											

* 'ㄷ'모양의 반발대 길량 : 13.41g
* 글라이더의 길량(m_1, m_2) : 177g

* 충돌 전 글라이더 1 속도 : $v_{1i}(\mathrm{m/s})(\pm v_0)$
* 충돌 후 글라이더 1 속도 : $v_{1f}(\mathrm{m/s})(\pm v_0)$

* 충돌 전 글라이더 2 속도 : $v_{2i}(\mathrm{m/s})(\pm v_0)$
* 충돌 후 글라이더 2 속도 : $v_{2f}(\mathrm{m/s})(\pm v_0)$

* $v_{1f} = (\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})v_{1i}+(\frac{2m_2}{m_1+m_2})v_{2i}$
* $v_{2f} = (\frac{2m_1}{m_1+m_2})v_{1i}+(\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2})v_{2i}$

Physics and Engineering Physics

실 험 시 작

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY