

실험 3. 포물체 운동

실험 목표

- ✓ 2차원 운동 개념을 이용하여 포물체 운동한 물체의 낙하지점을 예측한다.

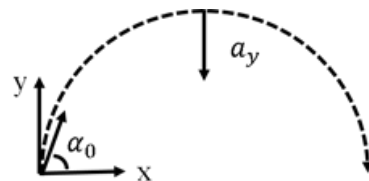
배경이론

- ✓ (YOUNG) Chapter 3.3 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 3.5 ~ 3.7 참고

포물체 운동

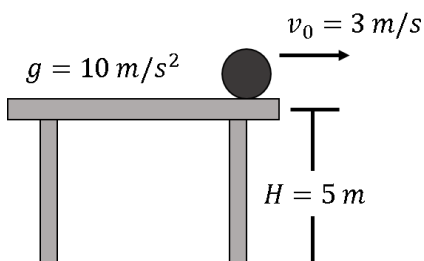
공기 저항이 없는 포물체 운동의 경우, $a_x = 0$ 이고, $a_y = -g$ 이다. 좌표와 속도 성분은 시간의 함수이며, 경로의 모양은 항상 포물선(parabola)이다. 일반적으로 원점은 최초 운동 위치로 잡을 때, 수평과 α_0 의 각으로 쏘아진 물체의 운동은 다음과 같다.

$$x = (v_0 \cos \alpha_0)t, \quad y = (v_0 \sin \alpha_0)t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$v_x = v_0 \cos \alpha_0, \quad v_y = v_0 \sin \alpha_0 - gt$$



문제

아래의 주어진 상황에서 물체가 포물체 운동을 할 때, α_0 는 얼마인가? 그리고 이 물체의 수평 도달거리는 얼마인가?(단,)

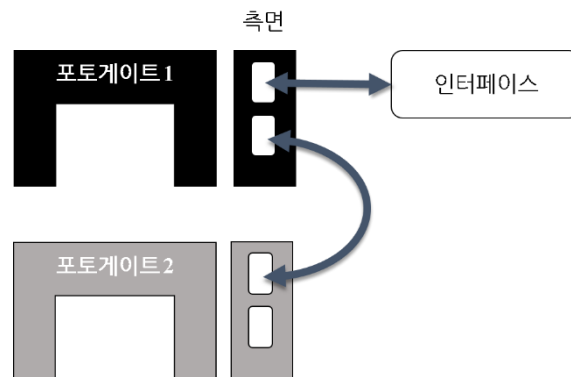


실험도구

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블 2 개, 포토게이트 2 개, 스탠드 세트, 레일, 쇠구슬, 양면테이프, 종이테이프, 먹지, 종이, 자, USB 플래시 드라이브.

실험과정

1. '문제' 과정을 완료한다.
2. 컴퓨터와 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
3. 포토게이트의 위쪽 포트와 인터페이스의 [A] 채널을 연결한다. 연결된 포토게이트의 아래쪽 포트에 센서 연결케이블을 연결하고, 나머지 한 쪽을 포토게이트의 위쪽 포트에 연결한다.

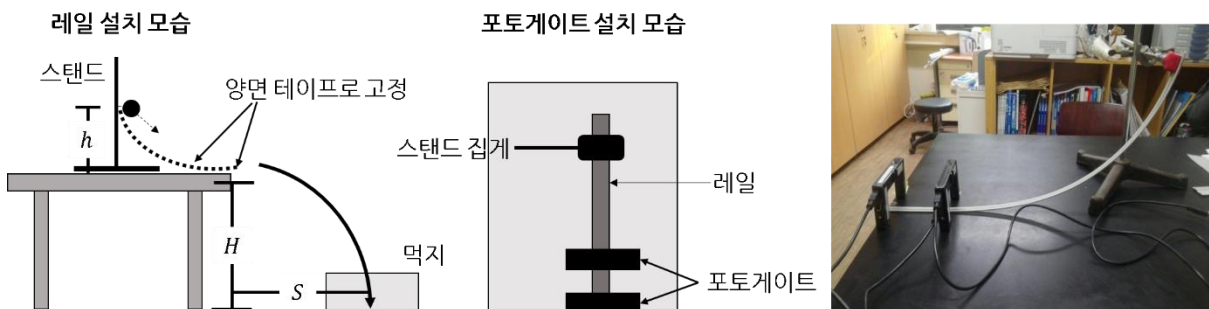


4. 아래의 그림과 같이 실험 장치를 설치한다. 레일의 한쪽 끝은 스탠드 집계에 물리고, 나머지 끝은 테이블 끝에 오도록 스탠드의 위치를 조절한다. 테이블 끝부분에 있는 레일은 약 15cm 정도 길이를 양면테이프로 고정한다.

※ 레일의 한 쪽 끝은 반드시 책상 끝과 일치 해야한다.

5. 포토게이트 2개를 설치한다. 이 때 포토게이트 사이의 거리는 5 ~ 15 cm으로 하고, 포토게이트를 종이테이프로 고정한다. 단, 포토게이트 사이의 레일은 테이블에 딱 붙어있어야 한다.

※ 2개의 포토게이트 사이의 레일이 수평으로 설치되어 있는지 확인한다.



6. 스탠드 집계의 높낮이를 조절하여 레일의 높이 h 를 20 cm 로 만든다. 이 높이에서 쇠구슬을 굴려서 떨어지는 위치를 확인하고, 공이 낙하한 지점에 먹지를 설치한다.

※ 바닥에 깔아 놓은 먹지가 밀리지 않도록 테이프로 고정한다.

질문! 구슬의 높이는 구슬 중심의 높이인가? 구슬 바닥의 높이인가?

7. [실험시작] 버튼을 누르고 쇠구슬을 굴린다. 실험 시트에 나온 값을 ‘실험 1’의 결과표에 적는다. 이때, 먹지에 찍힌 자국을 기준으로 도달거리(S)를 측정하여 ‘실험1’의 결과표에 적는다.

※ 쇠구슬을 레일에 굴릴 때, 힘을 주어 굴리지 않고 자연스럽게 손을 놓으면서 실험한다.

※ 테이블의 높이(H)와 도달거리(S)를 정확히 측정한다.

8. 레일의 높이를 변화시키면서 실험을 10 번 반복한다. 모두 다른 높이에서 실험해야 한다.

실험 결과

테이블의 수직높이 (H)	m
포토게이트 사이의 거리	m
중력 가속도 (g)	9.79901 m/s² (청주 기준, Wolfram Alpha 제공)

반복 횟수	높이 (h) [m]	포토게이트 사이를 통과 하는데 걸린 시간 [s]	초기속도 (v_0) [m/s]	테이블부터 낙하지점까지의 도달거리 (S) [m]
1	0.20			
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

결과 분석 방법

수평 도달거리 S [m]:

$$S = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} = \text{초기속도 [m/s]} \times \sqrt{\frac{2 \times \text{테이블의 높이 [m]}}{\text{중력가속도 [m/s}^2]}} \quad (\text{식.1.})$$

측정값: 길이, 넓이, 부피, 무게, 온도, 시간 등의 물리적인 양을 특정한 도구나 장치를 사용하여 측정한 것을 수치로 나타낸 값.

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$$

평균(Average, Mean): 측정값이 주어진 x 에 대한 최적의 추정값. (N 은 반복 횟수.)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N}$$

오차율: 참값에 대한 오차의 비율.

$$\text{오차율} = \frac{|\text{이론값} - \text{실험값}|}{\text{이론값}} \times 100 [\%]$$

결과 분석

* 유효숫자에 유의하여 분석 결과를 쓰세요

반복횟수	초기 속도로 구한 예상 낙하지점 S [m] (이론값)	오차율 [%]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
오차율의 평균값 [%]		

결론

- ✓ 속도 측정 결과로 예상 낙하지점을 계산하는데, 실험 결과(속도)를 근거로 한 수치적 예측(예상 낙하지점)이 정확하다고 할 수 있는가? 예측한 낙하 거리가 적절한가? 설명하여라.
- ✓ 예상 결과를 계산하는 데 있어 공기저항을 고려했는가? 만일 그렇다면 어떻게 계산했는가? 만약 계산에 넣지 않았다면 공기저항이 공의 낙하거리에 어떤 변화를 줄 거라고 생각하는가?
- ✓ 실제 낙하지점에 영향을 미치는 다른 요인이 존재하는가? 그렇다면 그것은 무엇인가?
- ✓ 쇠구슬의 낙하모습을 2차원 운동학 측면으로 설명하라.
- ✓ 실험 결과를 이용하여 쇠구슬을 굴린 높이(h)에 따른 실제 낙하지점 변화에 대해 설명하라.
- ✓ 실험 결과를 이용하여 속도-거리, 높이-속도, 높이- $(\text{속도})^2$ 그래프를 그려보고 설명하라.

고찰

참고자료

전북대학교 물리학과, “컴퓨터를 활용한 일반물리학 실험”, 북스힐, 2010, 75-82

이창영, “새로운 일반물리실험”, 청문각, 2009, 59-62

켄 아펠 외, “MBL 물리 실험노트”, 미니더사이언스, 2008, 63-69

부산대학교 물리학교재편찬위원회, “일반물리학실험”, 청문각, 2014, 31-40