

경사면에서 질량이 다른 물체의 낙하 운동

과학탐구실험1

GDX-VPG

도입

- 갈릴레오 갈릴레이는 물체의 낙하 운동을 연구하면서 물체의 질량이 달라도 같은 중력 가속도를 받는다는 사실을 발견하였다. 그러나 자유낙하 운동은 매우 짧은 시간 동안 일어나기 때문에 정확한 측정이 어렵다. 이를 해결하기 위해 갈릴레이는 경사면을 이용하여 운동 속도를 늦추고 물체의 운동을 관찰하였다.
- 본 실험에서는 경사면 위에서 질량이 서로 다른 공을 굴려 운동 시간을 측정하고, 질량이 물체의 운동에 미치는 영향을 조사한다. 또한 경사면의 기울기를 변화시키며 운동 시간의 변화를 비교하여 가속도와 경사각의 관계를 이해한다.

실험 목적

- 갈릴레이가 수행했던 실험을 재현해 보고, 질량이 다른 물체의 낙하 운동을 설명할 수 있다.
- 경사면의 기울기를 변화시키며 운동 시간의 변화를 비교하여 가속도와 경사각의 관계를 이해할 수 있다.

실험 준비물

- Chromebook, computer, or mobile device
- Graphical Analysis App
- 고 무선 포토게이트 (2)
- 40 mm 공 세트(탁구공, 나무공, 쇠구슬)
- 버니어 역학/광학용 트랙 1.2m
- 포토게이트 브라켓 (2)
- 트랙용 각도계
- 엔드스탑
- 로드클램프
- 스탠드 세트, 로드 60cm



그림1

실험 장치 설정

★각 단계를 수행한 후 체크 박스(□)를 체크(√)한다.

1. 실험 준비물을 실험용 테이블에 준비한다. □



2. 역학/광학 트랙의 옆면 홈에 포토게이트 브라켓 2개를 설치한다. □

- 포토게이트 브라켓을 고정하기 전 너트의 나사를 풀어준다. 이때 나사가 완전히 분리되지 않을 정도로 풀어준다.
- 너트가 역학/광학 트랙의 옆면 홈에 들어가도록 하고 포토게이트 브라켓을 설정하고 고정나사를 조여준다.



3. 포토게이트 브라켓에 무선 포토게이트를 고정한다. □

- 포토게이트 고정나사를 사용하여 역학/광학 트랙에 고정된 포토게이트 브라켓에 무선 포토게이트를 고정한다.



4. 로드클램프를 스탠드로드에 고정한다. □

- a) 스탠드로드가 고정된 스탠드 베이스를 준비하고 로드클램프의 로드 고정나사를 풀어준다.
- b) 스탠드로드에 로드를 통과시켜 적당한 위치에 고정한다.
- 이후 경사면의 기울기를 조정할 때 높이 조절시 로드 클램프의 높이를 함께 조정한다.



4. 로드클램프에 역학/광학 트랙을 고정하여 경사면을 형성한다. □

- a) 로드클램프의 역학/광학 트랙 고정나사를 너트가 분리되지않도록 풀어준다.
- b) 너트가 역학/광학 트랙의 옆면 홈에 들어가도록 하고 고정나사를 조여준다.



5. 엔드스탑을 역학/광학 트랙의 경사면 밑에 고정한다. □

- a) 로드클램프의 역학/광학 트랙 고정나사를 너트가 분리되지않도록 풀어준다.
- b) 너트가 역학/광학 트랙의 상단면 중앙 홈에 들어가도록 하고 고정나사를 조여준다.
- 엔드스탑이 위치한 지점은, 물체가 운동을 멈추는 지점이다.



6. 역학/광학 트랙용 경사계를 역학/광학 트랙의 옆면 홈에 고정한다. ☐

- a) 경사계의 역학/광학 트랙 고정나사를 너트가 분리되지않도록 풀어준다.
b) 너트가 역학/광학 트랙의 옆면 홈에 들어가도록 하고 고정나사를 조여준다.



7. 무선 포토게이트의 위치와 경사면 각도를 조정한다. ☐

TIP. 두 개의 포토게이트는 각각 공의 출발 지점과 도착 지점에서 시간과 순간속도를 측정한다.

- 공의 출발 지점과 도착 지점의 거리가 1.00m가 되도록 포토게이트의 위치를 조정한다.
- 실험에 사용되는 공이 포토게이트의 암 사이를 지나갈 수 있도록 포토게이트의 높이를 조정한다.
- 경사면의 각도는 로드 클램프의 높이 및 트랙을 고정한 위치에 따라 조정할 수 있다. **경사면의 각도를 5° 로 설정한다.**

- 실험에 사용할 공을 손에 들어보고 무거운 순서대로 기록한다.

(질량 순서 : > >)

(선택) 크기는 같지만 질량이 다른 세 개의 공의 질량을 측정하고 실험서에 기록한다.

탁구공	kg
나무공	kg
쇠공	kg

실험 과정

1. 무선 포토게이트를 설정한다.
 - a) 두 센서의 전원을 켜다.
 - b) 컴퓨터 또는 모바일 장치에서 Graphical Analysis App 실행한다.
 - c) [센서 데이터 수집] 메뉴를 선택한 후 두 센서 카트를 연결한다.
 - 연결시 경사면 위에 있는 포토게이트를 먼저 연결한다.
 - d) 두 센서의 채널을 클릭한 후 [물체속도] 채널을 활성화한다.
 - e) [완료] 버튼을 클릭한다.
2. 옵션 보기()를 클릭한 후 [데이터 테이블]을 활성화한다.
 - a) 데이터 테이블 창에는 데이터 수집시 측정된 시간과 속도 데이터가 나타난다.
3. 쇠공에 대한 데이터 수집을 진행한다.
 - a) 쇠공을 경사면 상단, 출발지점에 손으로 잡은채 위치시킨다.
 - b) [수집] 버튼을 누른 후 쇠공을 출발지점에 놓는다. 쇠공이 두 개의 포토게이트를 통과해 엔드스탑에 도달하는 것을 확인한다.
 - c) [중지] 버튼을 눌러 데이터 수집을 중지한다.
 - d) 데이터테이블창에 기록된 데이터를 확인하고 실험서에 기록한다.
4. 나무공과 탁구공에 대해서 [과정6]을 반복하여 데이터 수집을 진행한다.
5. 경사면의 각도를 10°로 조정하고 쇠공, 나무공, 탁구공에 대한 데이터 수집을 진행한다.
6. 프로그램 파일을 저장하고 데이터 분석을 진행한다.
 - a) [파일메뉴() ▶ 저장 or 다른 이름으로 저장]을 클릭하여 프로그램 파일을 저장할 수 있다.
 - b) [파일메뉴() ▶ 내보내기]을 클릭하여 그래프 이미지 파일 또는 데이터 테이블 엑셀 파일을 저장할 수 있다.

데이터 테이블

경사면 각도 5°						
	쇠공		나무공		탁구공	
	시간 (s)	물체 속도 (m/s)	시간 (s)	물체 속도 (m/s)	시간 (s)	물체 속도 (m/s)
게이트1						
게이트2						
시간차이						

경사면 각도 10°						
	쇠공		나무공		탁구공	
	시간 (s)	물체 속도 (m/s)	시간 (s)	물체 속도 (m/s)	시간 (s)	물체 속도 (m/s)
게이트1						
게이트2						
이동 시간						

데이터 분석

1. 실험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 세 개의 공이 출발지점에서 도착지점까지 이동하는데 걸린 시간(이동 시간)을 계산하고 실험서에 기록한다.
2. 실험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 세 개의 공이 출발지점에서 도착지점의 속도를 비교해보자, 게이트1에서 측정된 속도와 게이트2에서 측정된 속도 중 어떤게 더 큰가? 그 이유는 무엇인가?

3. 경사면의 경사각을 5° 에서 10° 로 증가시켰을 때 게이트1속도, 게이트2속도, 게이트간 이동 시간은 어떻게 변화하였는가? 실험데이터를 바탕으로 경사각의 변화에 따라 변화한 공의 운동에 대해 이유와 함께 설명해보자.

4. 쇠공, 나무공, 탁구공의 이동시간과 각 게이트 통과 속도를 비교해보고 비교한 내용을 실험서에 기록한다. 만약 공에 따라 각 데이터(이동시간과 각 게이트 통과 속도)의 차이가 있다면 그 원인에 대해 설명해보자.

5. 실험 데이터를 바탕으로 공이 경사면을 따라 이동하는데 걸린 시간은 공의 질량과 어떤 관계가 있는지 설명해보자.

6. 만약, 경사면이 지면과 수직(90°)이라고 한다면 물체가 출발지점부터 도착지점까지 이동하는데 걸린 시간은 공의 질량과 어떤 관계가 있을지 예상해보자.

7. 실험 데이터는 예상했던 실험 결과와 일치하는가? 아니면 일치하지 않는가? 갈릴레이의 주장(질량과 관계 없이 물체는 같은 가속도로 운동한다)과 실험 결과가 일치하는지 확인하고 다른 점이 있다면 어떤 점이 다른지 설명해보자.

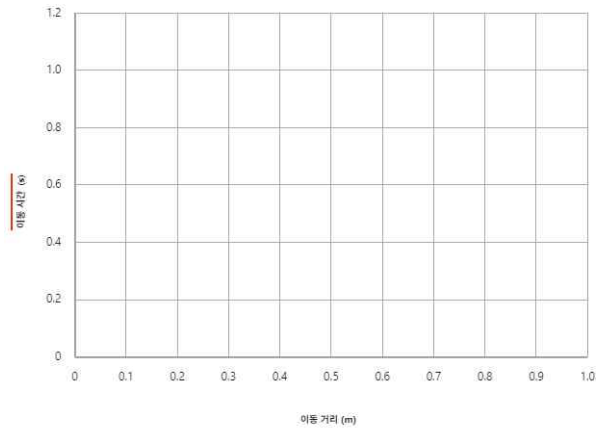
확장

- 경사면의 경사각이 5° 인 경사면에서 공의 시간에 따른 거리 데이터를 수집하고 등속 운동하는 물체의 [거리-시간]그래프와 어떤 차이가 있는지 설명해보자.

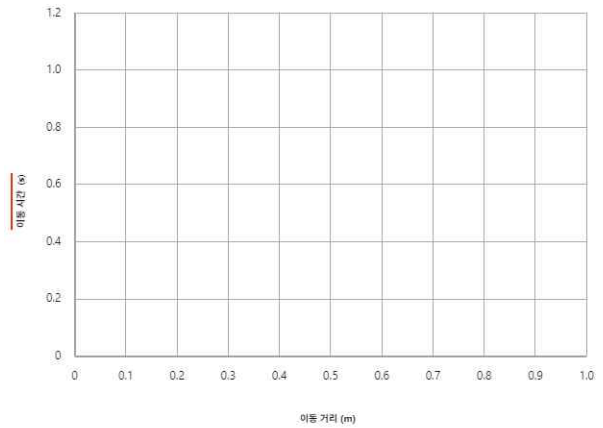
- 경사면의 경사각이 5° 로 조정된 후 출발지점과 도착지점이 1.00 mm인 상태로 나무공의 이동시간을 측정한다. 이때 측정한 이동시간을 t 라고 한다. 측정한 데이터를 실험서에 기록한다.
- 나무공의 이동시간이 $\frac{1}{3}t$ 가 되는 지점을 찾아 도착지점에 있던 포토게이트를 이동하고 이동거리와 이동시간에 대한 데이터 측정을 진행한 후 실험서에 기록한다.
- 위와 같은 방법으로 나무공의 이동시간이 $\frac{2}{3}t$ 가 되는 지점을 찾아 이동거리와 이동시간에 대한 데이터 측정을 진행한 후 실험서에 기록한다.

	경사면 각도 5° , 나무공			
이동 시간(s)	0	$\frac{1}{3}t$	$\frac{2}{3}t$	t
	0			
이동 거리(m)	0			1.00

4. 측정하 데이터를 바탕으로 경사면에서 낙하하는 나무공의 [거리-시간] 그래프와 1.00m를 이동시간 t 동안 등속운동하는 물체에 대한 [거리-시간] 그래프도 그려보자.



경사면에서 낙하하는 나무공



1.00m를 이동시간 t 동안 등속운동하는 물체

5. 경사면에서 낙하하는 공과 등속운동하는 물체의 그래프에는 어떤 차이가 있는지 설명해보자.
