

포물선 운동 실험

(주)한국과학

(2020)

실험 목적

- Vernier Video Analysis를 사용하여 발사체의 위치, 속도 및 시간 데이터를 측정한다.
- 포물선 운동의 수평 및 수직 구성요소에 대한 위치 vs 시간 및 속도 vs 시간 그래프를 분석할 수 있다.
- 포물선 운동의 수평 및 수직 구성요소에 대한 그래프에 적합한 방정식을 생각해본다.
- 위치 vs 시간 및 속도 vs 시간 그래프의 적합한 방정식의 매개 변수를 물리적 그래프와 연관시킬 수 있다.
- 포물선 운동의 수평 및 수직 구성요소를 물체가 움직이는 동안 물체에 작용하는 힘과 연관시킬 수 있다.
- 포물선 운동을 하는 물체의 영상을 직접 제작해 분석할 수 있다.

실험 도입

여태까지 물체의 운동을 분석할 때 수평, 경사면 또는 지구의 중력에 의해 수직으로 낙하하는 1차원에서의 운동을 분석했을 가능성이 있다.

이 실험에서는 발사체, 즉 발사력을 이용하여 공간에서 움직이는 물체의 운동을 다루고 있다. 이러한 물체는 2차원에서 운동을 한다. Vernier Video Analysis를 사용하여 포물선 운동의 위치 vs 시간 및 속도 vs 시간 그래프의 특징을 이해하고 1차원 운동과 비교할 수 있다.

실험 준비물

- Vernier Video Analysis
- 농구공 1개
- 1m 자 1개
- 카메라 1개

사전 조사

1. 교사가 농구공을 발사할 때 농구공의 움직임을 주의 깊게 관찰한다.
2. 농구공의 위치 vs 시간 및 속도 vs 시간의 움직임에 대해 논의해본다.

실험 방법

PART 1. 기존 비디오 분석

1. Vernier Video Analysis 실행한 후 Sample Videos 목록에서 'Basketball Shot'을 선택한다.

① 물체의 운동이 익숙해질 수 있도록 비디오를 확인한다.

② 이후 다음 단계에 따라 비디오를 분석한다.

2. 발사체를 쉽게 볼 수 있도록 비디오 창을 크게 만든다. 이 방법에는 두 가지가 있다.

① 비디오와 화면의 그래프, 데이터 테이블 사이의 구분선을 오른쪽으로 끈다.

② 화면에서 그래프 및 데이터 테이블을 제거하려면 보기()를 사용하여 설정할 수 있다.

3. 앞으로 가기() 및 뒤로 가기()를 사용하여 팬 카트가 제자리에 고정되어 있지 않은 프레임으로 동영상을 이동한다.

4. 농구공의 위치를 포인트로 표시한다. 기본적으로 농구공의 위치를 표시할 때마다 비디오는 한 프레임씩 진전한다. 이런 영상분석의 경우 비디오가 한 번에 한 프레임 이상의 가속 모션을 하도록 설정하면 분석이 더 빨리 진행된다.

- 프레임 설정을 변경하려면 고급 비디오 옵션()을 클릭하고 고급 프레임(Advance Frame)을 2, 5 프레임으로 변경한다.

5. 비디오 도중 농구공이 움직일 때 농구공의 위치를 표시한다.

① 추가()를 클릭한다.

② 농구공의 위치를 표시할 곳을 결정한다. (예: 중앙, 상단 또는 기타)

(**중요: 위치를 일관되게 표시해야 하므로 십자형 포인터를 항상 팬 카트의 동일한 위치에 둔다)

③ 농구공의 선택한 위치에 십자형 포인터를 배치한 다음 클릭하여 첫 번째 점을 추가한다.

(*참고: 휴대폰, 태블릿을 사용하는 경우 먼저 십자형 포인터를 배치하고 비디오 프레임의 아무 곳이나 클릭하여 표시할 수 있다.)

④ 농구공이 원하는 위치에 도달할 때까지 이 과정을 반복한다. 점을 편집하려면 편집()을 클릭한다. 편집을 사용하면 일치하지 않는 점을 수정하거나 삭제할 수 있다.

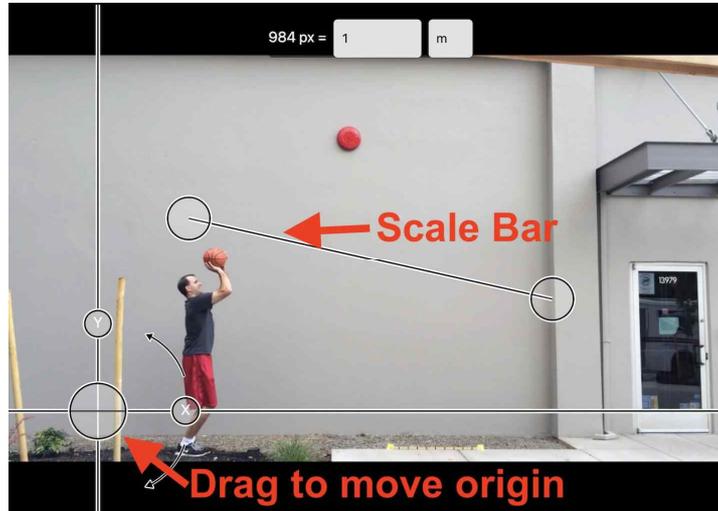
(*참고: 정확한 점을 표시하기 위해 트레이일() 설정을 해제하여 현재 프레임의 점을 제외한 모든 점을 숨길 수 있다.)

6. 비디오에서 크기를 설정한다.

① 크기()를 클릭하면 스케일 바와 축이 나타난다.

② 비디오의 자(1m)의 끝과 끝이 일치하도록 스케일 바를 드래그한다.

③ 길이의 단위가 올바르게 설정되어 있는지 확인한다. (1m)



7. 비디오 위에 표시된 첫 번째 점(농구공의 처음 위치)으로 축을 이동하여 원점을 조정한다. 이렇게 하면 출발 수평 위치가 0이 된다.

8. 보기(📄)를 사용하여 두 개의 그래프를 표시하고 비디오와 데이터 테이블을 숨긴다. Vernier Video Analysis는 기본적으로 시간의 함수로 물체의 x , y 위치를 표시한다. 이러한 경우 x , y 위치에 대한 그래프를 따로 만들어 분석하는 것이 더 쉬울 수 있다. 그래프에 표시되는 데이터를 변경하려면 수직 축 레이블을 클릭한 후 설정을 변경한다. 이 같은 방법으로 두 개의 그래프를 설정한다.

- ① x 위치, 속도 vs 시간 그래프
- ② y 위치, 속도 vs 시간 그래프

PART 1. 기존 비디오 분석 : 실험 결과

1. x 위치 vs 시간 그래프를 분석해보자.

- ① 그래프에 선형으로 보이는 데이터에 그래프 도구(📐)를 사용하여 적합한 곡선 추세선을 추가한다.
- ② 그래프의 기울기가 갑자기 변경되는 것이 나타나면 선형 데이터의 처음과 끝을 드래그하고 선택 영역 확대(🔍)를 클릭하여 구간을 나눈 후 곡선 추세선을 적용한다.
- ③ 각 구간에서 농구공의 x 위치 vs 시간 운동을 설명하는 방정식을 기록한다.
(* 참고: 단위까지 기록한다.)
- ④ 원하는 경우 나눈 구간별로 위 과정을 반복한다.
- ⑤ 이전 실험에서 배운 내용을 바탕으로 발사체 움직임의 수평 성분에 대해 생각해본다.
(**주의: 운동의 수평 구성요소에 변화가 발생할 때 주의하도록 한다.)

2. y 위치 vs 시간 그래프를 분석해보자.

- ① 그래프에 선형으로 보이는 데이터에 그래프 도구(📐)를 사용하여 적합한 곡선 추세선을 추가한다.
- ② 그래프의 기울기가 갑자기 변경되는 것이 나타나면 확인하고자 하는 데이터의 처음과 끝을 드래그하고 선택 영역 확대(🔍)를 클릭하여 구간을 나눈 후 곡선 추세선을 적용한다.
- ③ 각 구간에서 농구공의 y 위치 vs 시간 운동을 설명하는 방정식을 기록한다.
(* 참고: 단위까지 기록한다.)

- ④ 원하는 경우 나눈 구간별로 위 과정을 반복한다.
- ⑤ 이전 실험에서 배운 내용을 바탕으로 발사체 움직임의 수직 성분을 생각해본다.

3. y속도 vs 시간 그래프를 분석해보자.

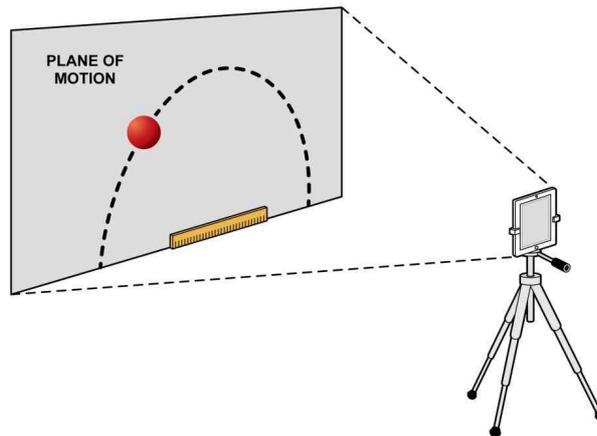
- ① y위치 vs 시간 그래프의 분석이 제대로 이루어졌는지 확인하기 위해 y속도 vs 시간 그래프를 분석한다.
- ② 그래프의 기울기가 갑자기 변경되는 것이 나타나면 선형 데이터의 처음과 끝을 드래그하고 선택 영역 확대(🔍)를 클릭하여 구간을 나눈 후 곡선 추세선을 적용한다.
- ③ 시간의 함수로서 y속도의 변화에 대해 자유낙하 운동의 가속도와 비교하여 생각해본다.

4. 농구공 발사 후 농구공에 작용하는 힘의 측면에서 농구공의 수평과 수직 성분의 차리를 설명해보자.

PART 2. 자체 비디오 제작 및 분석

1. 휴대폰 또는 카메라와 같은 영상 장비를 이용하여 포물선 운동 비디오를 제작한다.

- ① 비디오를 촬영할 때에는 농구공이 잘 보일 수 있는 배경을 선택하여 촬영한다.
- ② 충분한 조명(빛)이 있는 상태에서 촬영한다.
- ③ 촬영 기기를 삼각대에 설치하여 배경에 정사각형으로 뾰족하게 하고, 운동 평면과 수직이 되도록 카메라를 조정한다.
- ④ 크기(1.0 크기) 조정, 시간 차의 문제를 줄이기 위해 동작 평면에서 최대한 떨어진 곳에 카메라를 배치한다.
(*참고: 촬영 후 화면 확대/축소 기능을 사용하여 운동을 편리하게 볼 수 있다.)
- ⑤ 크기(1.0 크기) 조정을 하는 경우 포물선 운동과 농구공이 같은 평면에 있도록 한다.



2. 비디오 촬영이 끝난 후 분석에 사용할 장치로 비디오를 전송한다.

PART 2. 자체 비디오 제작 및 분석 : 실험 결과

PART 1에서 제공한 비디오와 같은 방법으로 데이터를 분석해보자.

실험 확장

1. 비디오 촬영할 때 배경으로 사용했던 벽에 기대어 크기 조정에 사용되는 자(1m)를 배치했다고 가정해 본다. 농구공의 운동은 벽 앞 0.50m에서 평면으로 진행되었다. 카메라와 벽 사이의 거리는 5.0m였다. 이 오류가 허용 값보다 작거나 큰 y 속도 vs 시간 그래프의 분석에서 중력 가속도의 값을 얻을 것인가? 이 값은 어떤 요인에 의해 예상 값과 다를 것인가? 도표를 사용하여 설명한다.
 - ① 이 오차가 허용 값보다 작거나 큰 y 속도 vs 시간 그래프의 분석에서 중력 가속도의 값을 계산해보자.
 - ② 예상한 중력 가속도 값과 계산한 중력 가속도 값이 어떤 요인에 의해 다르게 나타났는지 설명해보자.
(*도표를 사용하여 설명한다.)
2. 발사체의 제작과 비디오 분석을 반복하되, 이번에는 확장된 크기의 발사체(십자형 포인터를 통해 쉽게 위치를 표시할 수 없는 물체)를 사용한다.
 - 확장된 크기의 발사체가 움직이는 동안 물체의 위치를 가장 잘 표시할 수 있는 방법을 신중하게 고려해본다.
PART 1, 2와 같이 위치 vs 시간 및 속도 vs 시간 그래프를 분석해본다.