

실험 6. 운동량과 충격량

실험 목표

- ✓ 카트의 운동량 변화와 충격량을 비교한다.
- ✓ 부분 구간에서 운동량의 변화량과 충격량을 비교한다.

배경이론

- ✓ (Young) Chapter 8.1 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 7.2 - 7.3 참고

운동량과 충격량

입자에 작용하는 알짜 힘은 입자의 질량과 속도의 곱의 시간 변화율과 같다. 이를 운동량 \vec{p} 혹은 선 운동량이라 부른다. 충격량은 알짜 힘과 시간 간격의 곱으로 정의한다. 이때, 어떤 시간 간격 동안 발생하는 입자의 운동량 변화는 그 시간 동안 입자에 작용하는 알짜 힘의 충격량과 같다.

$$\text{운동량: } \vec{p}_x = m\vec{v}_x, \quad \text{충격량: } I = F\Delta t$$

실험도구

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블 2 개,

모션 디텍터, 힘 센서, 카트, 고무줄 12 개, 500 g 추, 클램프, 스톱퍼 2 개(짧은 것, 긴 것), 트랙.

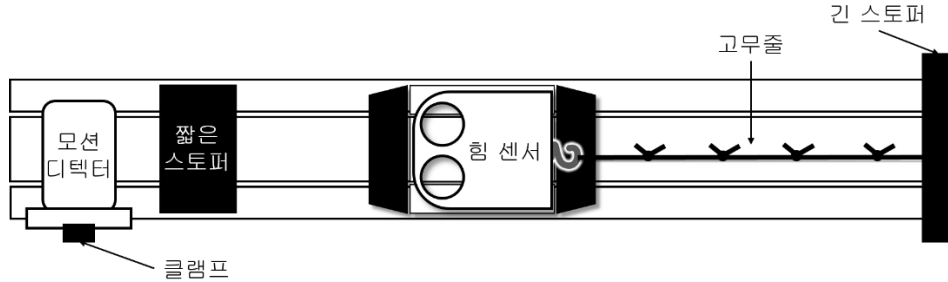
실험과정

실험 1

1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
2. 모션 디텍터를 [A] 채널에 연결하고, 힘 센서를 [B] 채널에 연결한다.
3. [실험설정] → [입력설정]에서 [측정간격]을 0.05초로 바꾼다.
4. 힘 센서가 움직이지 않도록 하고, [실험설정] → [센서설정]으로 들어가서 센서교정의 [교정하기]를 누른다. [교정]을 누른 후 [닫기]를 누른다.

※ 힘 센서는 실험마다 영점을 다시 잡아줘야 한다.

5. 아래의 그림과 같이 카트 위에 힘 센서를 놓고 테이프로 고정시킨다. 스톱퍼 2 개를 레일 위에 설치한다. 짧은 스톱퍼 뒤쪽에 클램프를 이용하여 모션 디텍터를 설치한다.



6. 노란 고무줄의 고리를 자르고, 자른 고무줄끼리 길게 한 줄로 묶는다. 한쪽은 힘 센서의 고리 부분에 연결하고, 나머지 한쪽은 긴 스톱퍼에 감아서 고정한다.

질문! 고무줄을 몇 개를 연결해야 실험의 결과값이 가장 잘 나올까? (여러 가지를 시도하고, 가장 적절한 길이로 실험을 진행하라. Hint. 운동하는 시간이 길수록 좋다.)

7. [차트만들기] → [개별차트만들기]를 눌러서 거리-시간, 힘-시간 그래프를 만든다.
8. [실험시작]을 누르고 카트를 잡고 모션 디텍터 쪽으로 밀어준다. 카트가 시작 위치로 되돌아 오면 [실험중지]를 누른다.
9. 거리-시간 그래프의 최소점 부근에 직선이 나타나면, 모션디텍터의 최소감지거리보다 카트가 가까이간 경우다. 이런 경우에는 모션디텍터를 더 뒤쪽으로 두거나 힘을 줄여서 카트를 민다.
10. 거리-시간을 '미분'하여 속도를 얻는다. [분석도구] → [미분]을 클릭 한다. [기준이 되는 데이터]에 관찰하고자 하는 범위의 **시간**을, [분석할 데이터]에 **거리**의 같은 범위를 지정한다. [분석될 데이터]는 빈 곳의 셀을 임의로 지정하고 [확인]을 누른다. 분석 결과에서 초기 속도와 나중 속도를 찾는다.

※ 속도-시간 그래프 왼쪽의 숫자들은 속도를 의미한다. 속도-시간 그래프에 마우스 커서를 가져가면 그 순간의 시간과 속도를 알 수 있다. 이를 이용하여 시간과 속도를 매치하면 충돌이 일어난 동안의 시간 범위를 알 수 있다.

질문! 처음 속도와 나중 속도는 어떻게 찾아야 할까?

11. 초기 속도와 나중 속도 사이의 **힘-시간**을 '적분'한다.

질문! '힘-시간'에서 그래프의 넓이(적분값)이 나타내는 물리량은 무엇인가?

12. 미분을 통해 얻은 속도-시간 그래프에서 '초기속도'부터 '방향이 바뀐 지점'까지를 2 부분으

로 적당히 나눈다. 구간의 넓이는 같을 필요는 없으나 한 구간에 해당하는 데이터의 개수가 반드시 4 개 이상이어야 한다. 만약, 데이터의 개수가 모자란다면 재실험을 해야 한다.

13. 과정 10과 같이 구간마다 초기 속도와 나중 속도를 찾는다.
14. 힘-시간 그래프도 위에서 구간을 나눈 것과 똑같은 구간을 선택한다.
15. 구간마다 힘의 평균값(평균 힘)을 구한다. 그리고 과정 11과 같이 적분한다.

실험 2

1. ‘실험 1’의 세팅에서 카트 위에 추를 올린다.
2. [실험시작]을 누르고 카트를 잡고 모션 디텍터 쪽으로 밀어준다. 카트가 시작 위치로 되돌아 오면 [실험중지]를 누른다.
3. ‘실험 1’의 과정 10~11과 같이 초기 속도와 나중 속도를 찾는다. 그리고 그사이의 힘-시간을 적분한다.

실험 3

1. ‘실험 1’의 세팅에서 고무줄을 자르지 않고 길게 한 줄로 연결한다. 고무줄이 짧다면 더 연결하라.
2. [실험시작]을 누르고 카트를 잡고 모션 디텍터 쪽으로 밀어준다. 카트가 시작 위치로 되돌아 오면 [실험중지]를 누른다.
3. ‘실험 1’의 과정 10~11과 같이 초기 속도와 나중 속도를 찾는다. 그리고 그사이의 힘-시간을 적분한다.

실험 결과

[카트 + 힘센서]의 무게	kg
추의 무게	kg

실험 1

구간	초기 속도 v_i [m/s]	나중 속도 v_f [m/s]	최대 힘 F [N]	충격량 [N·s]
전체 구간				
구간 1			X	
구간 2			X	

실험 2

구간	초기 속도 v_i [m/s]	나중 속도 v_f [m/s]	최대 힘 F [N]	충격량 [N·s]
전체 구간				

실험 3

구간	초기 속도 v_i [m/s]	나중 속도 v_f [m/s]	최대 힘 F [N]	충격량 [N·s]
전체 구간				

결과 분석

- ✓ 처음 속도와 나중 속도를 어떻게 찾았는가?
- ✓ 실험값에 대하여 ‘운동량의 변화량’과 ‘충격량’을 비교할 수 있는 표를 구성하라. 그리고 두 값을 비교하여 오차율을 구하라.
- ✓ ‘실험 1’의 ‘거리-시간’ 그래프, 미분으로 얻은 ‘속도-시간’ 그래프, ‘힘-시간’ 그래프를 붙여라.
- ✓ ‘실험 2’와 ‘실험 3’의 힘-시간 그래프를 붙여라.

결론

- ✓ 만약 운동량과 충격량 이론이 맞다면, 운동량의 변화는 충격량과 같아야 한다. 두 값의 오차율을 비교하라. 얼마나 값이 비슷한가?
- ✓ 추가한 추의 질량은 얼마인가? 그리고 그 질량의 추를 선택한 이유는 무엇인가?
- ✓ 부분 구간에서 구간마다 같은 크기의 힘을 받았는가? 힘의 크기를 비교하라.

✓ ‘실험 1, 2, 3’에서 바꾼 조건은 무엇인가? 조건의 변화에 의해 결과가 어떻게 달라지는지 힘-시간 그래프를 이용하여 설명하라.

고찰

참고자료