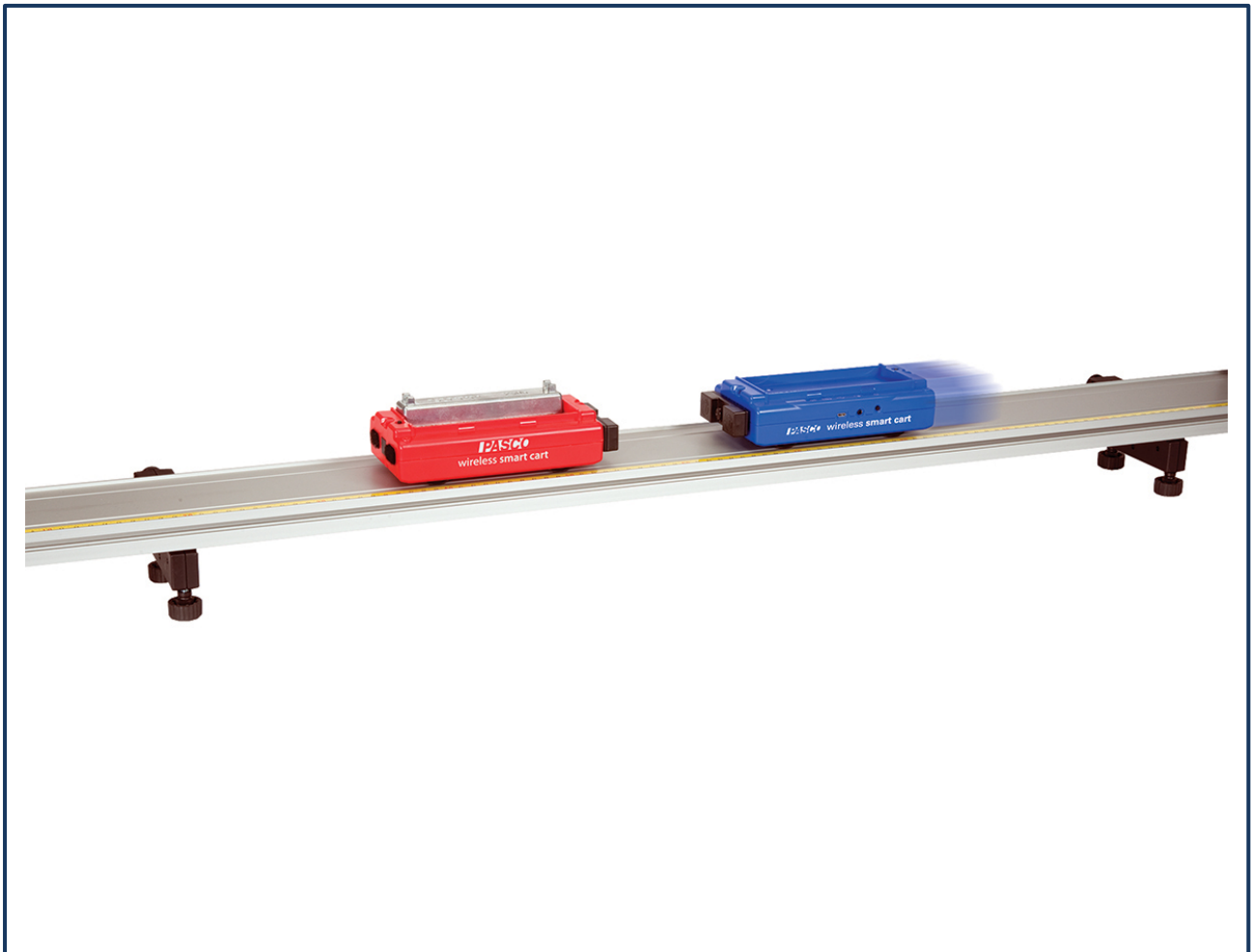


Instruction Manual
for the PASCO Scientific
Model EX-5510B

운동량 보존



장비 구성

Conservation of Momentum

Smart Cart - Red	ME-1240
Smart Cart - Blue	ME-1241
250 g Mass Bars (Set of 2)	ME-6757A
1.2 m Dynamics Track	ME-9493
Track End Stops (Set of 2)	ME-8971
Track Feet (Set of 2)	ME-8972

Required:

PASCO Capstone Software

Mass Balance(ME-8743)

소개

서로 다른 질량의 두 개의 역학 카트를 이용하여 탄성 충돌과 비탄성 충돌을 실험한다. 마그네틱 범퍼는 탄성 충돌에 사용되며, 벨크로 범퍼는 완전비탄성 충돌에 사용된다. 두 가지 경우 모두 운동량이 보존된다.

기본 이론

카트의 운동량은 질량과 속도에 의존한다.

$$\text{운동량} = \vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

운동량의 방향은 속도의 방향과 같다. 충돌하는 동안 두 카트 시스템에 작용하는 알짜 힘이 0이기 때문에 시스템의 총 운동량은 보존된다. 이는 충돌 직전의 총 운동량이 충돌 직후의 총 운동량과 동일함을 의미한다. 한 개의 카트의 운동량이 감소하면, 다른 한 개의 카트의 운동량은 같은 양만큼 증가한다. 이는 충돌의 종류와 무관하게, 그리고 운동 에너지가 보존되지 않는 경우에도 성립한다. 운동량 보존의 법칙은 다음과 같이 기술된다.

$$\vec{p}_{\text{Total Before Collision}} = \vec{p}_{\text{Total After Collision}} \quad (2)$$

카트의 운동 에너지 역시 질량과 속도에 의존하지만, 운동 에너지는 스칼라이다.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

두 카트 시스템의 총 운동에너지는 각 카트의 운동에너지를 더하여 구할 수 있다.

장비 설치

1. 카트에 마그네틱 범퍼를 설치한다.
2. 트랙 받침대(Track feet)의 수평 조절 나사를 이용하여 트랙의 수평을 맞춘다. 카트를 트랙 위에 가만히 올려 놓았을 때, 양쪽 방향으로 살짝 밀어본다. 어느 방향으로도 가속되지 않는지 확인한다.
3. 저울을 이용하여 각 카트의 질량을 측정한다.

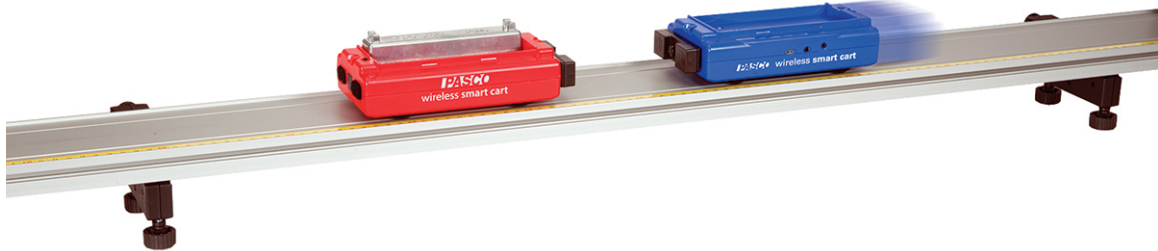


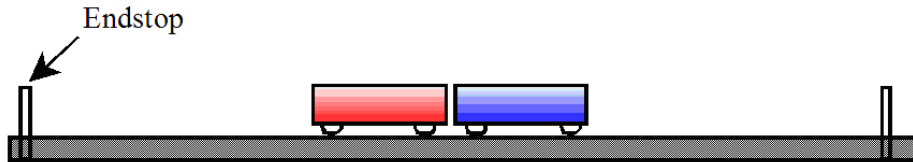
그림 1. 전체 셋업

4. Velocity vs. Time 그래프를 생성한 다음, 같은 수직 축에 Red Cart Velocity와 Blue Cart Velocity 를 모두 추가한다.
5. 속도의 방향을 확인한다. 두 카트의 속도가 오른쪽 방향에 대하여 양의 값이 되도록 한다.
 - a. 빨간 카트를 파란 카트의 왼쪽에 놓고, 두 카트의 마그네틱 범퍼가 모두 오른쪽을 바라보게 만든다. Record 버튼을 누른 뒤 두 카트를 오른쪽으로 밀어준다. 두 카트의 속도가 모두 양의 값이어야 한다.
 - b. 이는 두 카트의 오른쪽 방향이 양의 x 가 되도록 시스템의 좌표계를 설정하는 것이다.

실험 절차

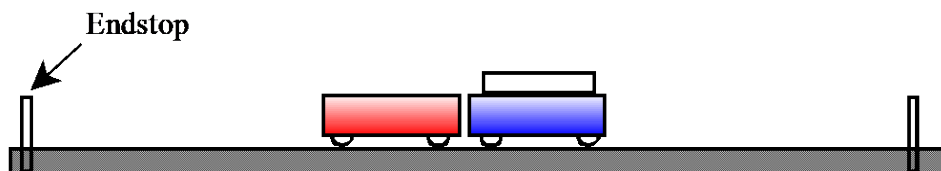
I. 분열

A. 같은 질량의 카트



1. 한 카트의 플런저를 #2 위치로 눌러준다. 한 카트가 다른 카트에 접촉해 있는 한 어떤 카트의 플런저가 눌러져 있는지는 상관이 없는가? 두 카트를 트랙의 중앙에 서로 접촉시킨다.
2. 소프트웨어에서 Record 버튼을 누르고, 카트의 트리거를 살짝 탭하여 카트를 출발시킨다. 질량 막대를 이용하여 트리거를 치면 잘 작동한다.
3. 두 카트가 트랙의 끝에 도달하기 전에 측정을 멈춘다.
4. Velocity vs. Time 그래프에서, Multi-Coordinates 도구를 사용하여 분열 후의 빨간색 카트와 파란색 카트의 속도를 구한다.

B. 다른 질량의 카트



저울을 사용하여 두 개의 질량 막대의 질량을 측정한 다음, 두 개 모두 파란색 카트 위에 올려 놓는다. 파트 A의 1~4단계를 반복한다.

II. 완전 비탄성 충돌

비탄성 충돌에는 벨크로 범퍼가 사용된다.

A. 같은 질량의 카트



1. 빨간색 카트와 파란색 카트를 위의 그림과 같이 트랙 위에 놓는다. 벨크로 범퍼가 서로 마주보도록 만든다.
2. 빨간색 카트를 뒤집었기 때문에, 같은 기준계를 유지하려면 화면 왼쪽의 도구 팔레트에서 Data Summary 창을 열어, Red Smart Cart Position Sensor의 속성(properties) 버튼을 클릭한 다음, Change Sign을 체크 표시한다.
3. Record 버튼을 누르고 빨간색 카트를 파란색 카트를 향하여 밀어준다. 두 개의 카트가 트랙의 끝에 도달하기 전에 측정을 멈춘다.
4. Velocity vs. Time 그래프에서, 충돌 전후의 빨간색 카트의 속도를 구한다. 그래프를 확대하여 관심 영역을 관찰하는 것이 좋을 것이다.
5. 파란색 카트의 초기 속도는 0이며, 최종 속도는 빨간색 카트와 동일하다.(빨간색 카트와 서로 부착되어 있기 때문이다.)

B. 다른 질량의 카트



1. 2개의 질량 막대를 파란색 카트 위에 놓는다.
2. 파트 A의 실험 절차를 반복한다.

III. 탄성 충돌

탄성 충돌에는 마그네틱 범퍼가 사용된다.

A. 같은 질량의 카트

1. 빨간색 카트와 파란색 카트를 위의 그림과 같이 트랙 위에 놓는다. 마그네틱 범퍼가 서로 마주보도록 만든다. 빨간색 카트는 원래대로 양의 방향으로, 파란색 카트는 방향이 반대로 뒤집어지게 된다. 화면 왼쪽의 도구 팔레트에서 Data Summary 창을 열어, Red Cart Position Sensor의 속성(properties) 버튼을 클릭한 다음 Change Sign을 체크 해제하고, Blue Cart Position Sensor의 속성에서 Change Sign을 체크 표시한다.
2. Record 버튼을 누르고 빨간색 카트를 파란색 카트를 향하여 밀어 준다.
3. 각각의 카트가 트랙의 끝에 도달하기 전에 측정을 멈춘다.
4. Velocity vs. Time 그래프에서, 충돌 전후의 빨간색 카트의 속도를 구한다. 그래프를 확대하여 관심영역을 관찰하는 것이 좋을 것이다.
5. 파란색 카트의 초기 속도는 0이다. 파란색 카트의 최종 속도를 구한다.

B. 다른 질량의 카트

1. 두 개의 질량 막대를 파란색 카트 위에 올려 놓는다.
2. 파트 A의 실험 절차를 반복한다.

분석

1. 각 충돌에 대한 두 카트의 처음 운동량과 나중 운동량을 계산한다.
2. 각 충돌에 대한 처음 운동량의 총합과 나중 운동량의 총합 사이의 퍼센트 오차를 계산한다.

$$\%difference = \frac{p_{before} - p_{after}}{p_{before}} \times 100\%$$
3. 각 충돌에 대한 두 카트의 처음 운동 에너지와 나중 운동 에너지를 계산한다.
4. 각 충돌에 대한 운동에너지의 손실률을 계산한다.

[총 운동량 및 총 에너지]

1. Capstone 소프트웨어의 Calculator 창에서 계산식을 생성한다.

$$p_{total} = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$KE_{total} = KE_1 + KE_2$$

$$KE_1 = 1/2 * m_1 v_1^2$$

$$KE_2 = 1/2 * m_2 v_2^2$$

$$v_1 = [\text{Red Velocity, Ch P1(m/s)}]$$

$$v_2 = [\text{Blue Velocity, Ch P2(m/s)}]$$

$$m_1 = \text{mass of Red cart}$$

$$m_2 = \text{mass of Blue cart}$$
2. P_{total} vs. Time 그래프를 나타내고, 두 번째 플롯 영역을 추가하여 KE_{total} vs. Time 그래프를 나타낸다.
3. 충돌 전, 충돌 중, 충돌 후에 어떤 변화가 생기는지 그래프를 확인한다. 각 충돌 유형에 따라 모두 확인하고, 관찰 내용을 기록한다. 다른 질량의 카트끼리의 충돌을 확인하려면 계산식에서의 질량을 변경해 주어야 한다.

결론

일반적으로 서로 다른 유형의 충돌에서 운동량 및 운동 에너지 보존에 대하여 알게 된 것은 무엇인가?

1. 모든 유형의 충돌에서 운동량이 보존되었는가?
2. 모든 유형의 충돌에서 전체 속도는 보존되었는가?
3. 모든 유형의 충돌에서 에너지는 보존되었는가? 분열에서의 여분의 운동에너지는 어디에서 왔는가?
충돌 시 잃어버린 초기 운동 에너지는 어떻게 되는가?