

# 운동량 보존 법칙

## 1. 실험 목적

두 물체의 충돌 전후에 선운동량이 보존되는지 확인하여 운동량 보존법칙을 이해한다. 또한 충돌 전후의 운동에너지가 보존되는지 확인한다.

## 2. 이론

두 물체가 충돌하는 과정을 생각할 때 두 물체는 서로에게 힘을 미치게 된다. 두 힘은 작용과 반작용의 관계를 갖지만, 대부분의 경우 충돌에 걸리는 시간이 매우 짧아서 힘의 크기를 측정하기가 어렵다. 또한 충돌 과정에서 받는 힘은 단순히 상대방의 질량이 큰 경우가 질량이 작은 경우보다 크다고 말할 수 없다. 질량이 작은 물체가 큰 속도로 움직이는 경우가 질량이 큰 물체가 작은 속도로 움직이는 경우에 비해 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 이런 충돌 과정에서는 각 물체가 갖는 운동량이라는 양을 고려하는 것이 유용하다. 운동량은 물체가 갖는 질량과 속도의 곱으로 정의된다.

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

운동량의 변화는 물체가 받는 알짜힘과 같다.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \quad (2)$$

따라서 계(system)가 받는 알짜힘이 0이면 계의 운동량은 일정하다(운동량 보존법칙).

두 물체가 충돌하는 경우 두 물체를 하나의 계로 생각하면, 충돌 과정에서 두 물체가 각각 받는 힘들은 작용과 반작용의 관계에 있으므로 두 힘의 합은 0이 된다. 즉, **충돌 과정에서 충돌 직전의 전체 운동량은 충돌 직후의 전체 운동량과 같다.**

$$\frac{d}{dt}(m_A\vec{v}_A) + \frac{d}{dt}(m_B\vec{v}_B) = 0 \quad (3)$$

$$m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = \text{constant} \quad (4)$$

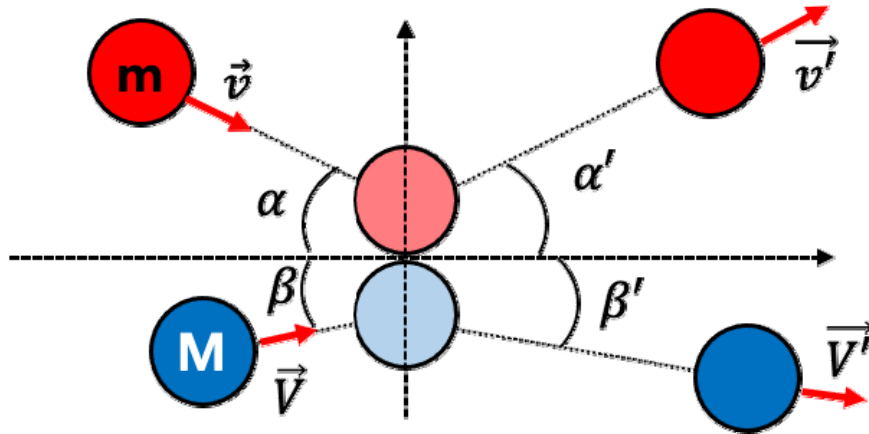
$$m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B \quad (5)$$

여기서  $\vec{v}$ 는 충돌 전 속도,  $\vec{u}$ 는 충돌 후 속도를 나타낸다.

[그림 1]과 같이 질량  $m$ 과 질량  $M$ 이 서로 가까워져서 충돌하는 경우를 고려하자. 이 충돌 과정에서도 운동량 보존법칙이 성립하므로

$$m\vec{v} + M\vec{V} = m\vec{v}' + M\vec{V}' \quad (6)$$

위의 식을 각 성분별로 분해해도 성분별로 운동량 보존법칙이 성립하므로 아래와 같은 관계가 성립한다.



[그림 1] 충돌하는 두 물체

$$(x\text{성분}) \quad mv\cos\alpha + MV\cos\beta = mv'\cos\alpha' + MV'\cos\beta' \quad (7)$$

$$(y\text{성분}) \quad -mv\sin\alpha + MV\sin\beta = mv'\sin\alpha' - MV'\sin\beta' \quad (8)$$

두 물체 중 하나가 처음에 정지해있는 경우에는 움직이는 물체의 방향을  $x$  축으로 설정하면 (7)식과 (8)식이 훨씬 간결해진다.

### 3. 실험장치

		
Air Table 과 Air Blower	카메라(life cam)	기준막대
		
퓍	PC	수평계

## 4. 실험절차

**주의사항** : 이번 실험은 컴퓨터 내 SG PRO 프로그램을 사용하여 사용자가 분석하는 작업을 하게 됩니다. 이때 사용되는 SG PRO 프로그램은 윈도우상의 동영상을 보는 프로그램들과 충돌하여 프로그램이 제대로 작동되지 않습니다. 그러므로 SG PRO 프로그램을 사용할 때는 다른 동영상 재생프로그램을 구동시키지 말아야 합니다. 현재 보시는 화면에서도 동영상을 재생하는 프로그램을 실행하기 때문에 현재 보는 화면을 띄운 상태에서 SG PRO 프로그램을 실행시키면 실험을 진행할 수 없음을 유의하시기 바랍니다.

### (1) 에어테이블(Air table) 및 카메라 설치

- (a) '포물선 운동 실험'과 달리, 수평계를 이용하여 Air Table의 수평이 맞도록 한다.
- (b) 카메라가 기울어지지 않고 Air Table을 담을 수 있도록 설치한다.

### (2) SGPRO 소프트웨어 실행 및 설정

- (a) PC에서 SGPRO 소프트웨어를 실행한다.
- (b) 상단 탭에서 [관리자 설정]을 클릭한 후 비밀번호(world)를 입력한다.
- (c) [비디오 장치 설정]을 클릭한 후 비밀번호(worldvideo)를 입력한다.
- (d) [비디오 장치] 탭을 누르고 설정 버튼을 눌러 화면 밝기를 최저로, 해상도를 800\*448로 설정한다.

### (3) SGPRO 스케일 설정

- (a) [실험 영상] 탭을 누른다.
- (b) 영상 녹화 시작 버튼을 누르고 막대기의 양 쪽 끝이 모두 화면에 보이도록 에어테이블 위에 올려놓는다.
- (c) 영상 녹화 중지 버튼을 누르고 영상을 저장한다.
- (d) [분석] 탭으로 가서 막대기 영상을 열고, 화면 오른쪽의 '스케일 설정' 버튼을 누른 뒤 막대기의 한 쪽 끝을 클릭하고 이어서 다른 한 쪽 끝을 클릭한다. 그 후 막대기의 실제 길이를 스케일 값으로 입력한다.
- (e) '길이 측정' 버튼을 눌러 다시 막대기의 한 쪽 끝, 이어서 다른 한 쪽 끝을 클릭하여 입력한 막대기 길이가 화면에 뜨는 것을 확인한다.

### (4) 실험 영상 녹화 및 데이터 추출

- (a) 다시 [실험 영상] 탭으로 가서, Air Table을 켜고 녹화 버튼을 누른 뒤 두 개의 펍을 충돌시킨다.
- (b) 실험 영상을 확인하며 충돌 사건 전후로 영상을 잘라 저장한다.
- (c) [분석] 탭을 누르고 저장 영상을 열고 [대상물체] 탭에서 color 부분을 눌러준다.
- (d) 열린 창 중 위쪽 화면에 나오는 펍의 중앙점을 눌러 색상을 설정하고, 아래 화면에서 추출된 화면을 확인한다.
- (e) [저장]을 누르고 [분석 시작] 버튼을 누른 후, [결과] 탭에서 데이터를 확인하고 저장한다.

(5) 식 (7), (8)을 이용하여 실험값을 이론값과 비교한다.

**\*\* 펍 2개의 충돌 전후의 속력을  $x, y$  성분별로 충돌 사건 두 프레임 전에 계산한다.**

**예를 들어  $\Delta t = 2s$ 이고 충돌 시점이  $1s$ 이면  $0.6s, 1.4s$ 에서의 순간속력을 계산한다.**

## ※유의 사항

1. Air Table의 수평이 맞지 않으면 중력의 영향으로 인해 오차가 발생합니다. 수평에 맞추는 데 주의를 기울이십시오.
2. 실험이 종료된 후에는 화면을 캡처한 파일들을 갈무리한 후 컴퓨터에서 모두 삭제하십시오.

## 5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

※ 충돌 과정에 대해 캡처된 화면 중 대표적인 사례를 뒤에 첨부하십시오.

회	1	2	3	4	5	평균
M=m	25g±0.2g					
$v$						
$V$						
$v'$						
$V'$						
$P_{xi}$						
$P_{xf}$						
$P_{yi}$						
$P_{yf}$						
오차율 ( $x$ 성분)						
오차율 ( $y$ 성분)						

## 6. 결과 분석 및 오차 논의

※ 아래의 고찰 사항의 질문에 답하는 것이 보고서의 전부가 아닙니다. 여기에 있는 질문은 단지 보고서를 작성할 때 도움을 주기 위한 것입니다.

(1) 충돌 전 전체 운동량과 충돌 후 전체 운동량은 동일한가? 즉, 운동량 보존법칙이 성립하는가?

(2) 이론적으로 운동량 보존법칙은 성립한다. 실험적으로 확인하면 정확히 보존되지 않는다. 즉, 오차가 발생한다. 오차가 발생하는 원인은 무엇인가?

(3) 충돌 전후의 각 물체의 운동에너지는 보존되는가? 보존되지 않는다면 그 이유는 무엇때문인가?