

선운동량 보존(탄성충돌)

목 적

두 개의 쇠공을 충돌시켜 충돌 전후의 속력을 측정함으로써 충돌 전후의 선운동량을 비교하여 선운동량 보존법칙을 이해한다.

원 리

정지하고 있는 질량 m_2 인 입자에 질량 m_1 인 입자가 속도 v_1 으로 충돌하면 이 두 입자는 충돌 후 Fig. 1과 같이 운동한다.

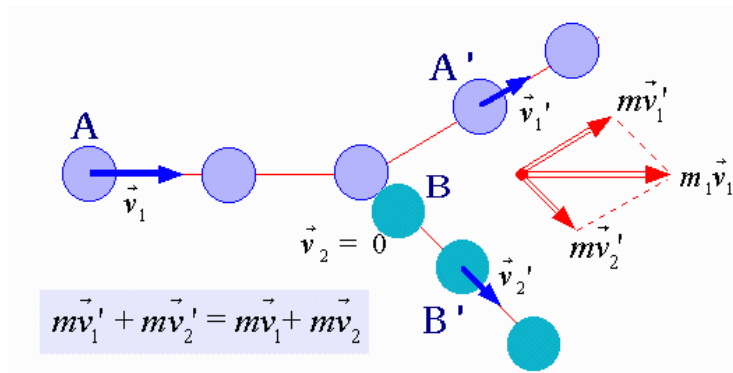


Fig. 1 선 운동량 보존

이 충돌과정에서 외력의 합 F_{net} 은 0 이므로 선운동량은 보존된다. 즉, $\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = 0$ 이므로 $\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i = Constant$ 이다. 따라서,

$$m_1 \vec{v}_1 + 0 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' \dots \dots \dots (1)$$

이다. 식 (1)을 입사방향을 x 축, 이와 직각방향을 y 축으로 하는 좌표계에서 성분으로 표시하면

$$x \text{ 성분} : m_1 v_1 = m_1 v_1' \cos \theta_1 + m_2 v_2' \cos \theta_2 \dots \dots \dots (2)$$

$$y \text{ 성분} : 0 = m_1 v_1' \sin \theta_1 - m_2 v_2' \sin \theta_2 \dots \dots \dots (3)$$

이다. 또 이 충돌이 탄성충돌이라면 충돌 전후의 계의 운동에너지가 보존되어야 하므로

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \dots \dots \dots (4)$$

이다. 만약, 입사입자 m_1 과 표적입자 m_2 의 질량이 같다면 ($m_1 = m_2$), 식 (2)는

$$v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2 \dots\dots\dots(5)$$

이 되어, 충돌 후 두 입자의 진행방향은 직각을 이루게 된다. 즉,

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2} \dots\dots\dots(6)$$

이다.

기구 및 장치

2차원 충돌 장치, 질량이 같은 쇠공 2개, 수직기, 갱지와 먹지, 자와 각도기

실험방법

- ① 입사구 및 표적구의 질량과 반경을 각각 측정하여 데이터 시트에 기록한다.
- ② 2차원 충돌장치를 실험대 끝에 놓고, 수직기, 갱지 및 먹지를 장치한다.
- ③ 질량이 같은 두 개의 쇠공을 준비하여 하나는 표적구로, 또 하나는 입사구로 사용한다.
- ④ 표적구 없이 입사구를 일정한 높이의 기준점에서 굴러내려 떨어진 장소와 수직기 끝 점이 지시하는 지점과의 수평거리 r_0 를 5회 측정하여 기록하고 평균을 구한다.
- ⑤ 입사구가 낙하한 수직거리 H 를 측정한다.
- ⑥ 과정 ④, ⑤의 측정값으로써 입사구의 속력 $v_1 = r_0 \sqrt{\frac{g}{2H}}$ 를 구한다.
- ⑦ 표적구를 입사구와 약 40° 의 각을 유지하도록 올려놓고 과정 ④에서 정해놓은 기준 점에서 입사구를 굴러내려 충돌시킨 후 두 공이 떨어진 지점의 수평거리 r_1 과 r_2 , 입사방향과 이루는 각 θ_1 과 θ_2 를 측정한다. 이와 같은 과정을 5회 반복하여 평균을 구한다. 이 때 벡터의 시작점은 정해야 한다.
- ⑧ 표적구와 입사구의 각을 약 55° , 70° 로 놓고 과정 ⑦을 반복한다.
- ⑨ r_1 , r_2 , θ_1 및 θ_2 로부터 충돌 후 입사구와 표적구의 속도 v_1' 와 v_2' 를 계산한다. 여기서, 입사구의 속도 $v_1' = r_1 \sqrt{\frac{g}{2H}}$, 표적구의 속도 $v_2' = r_2 \sqrt{\frac{g}{2H}}$ 이다.

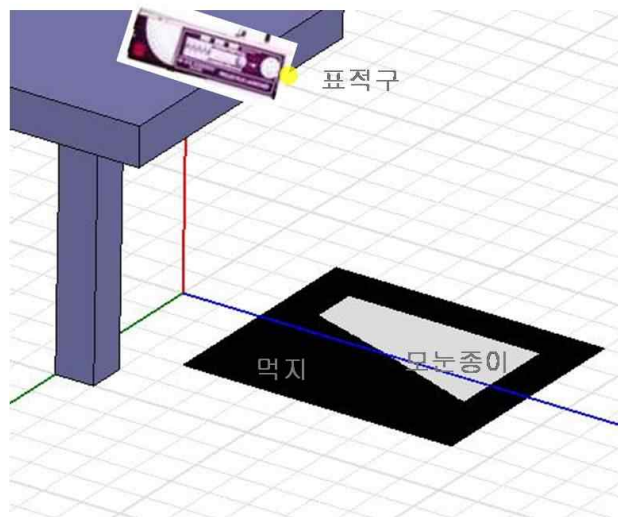


Fig. 2 2차원 충돌장치

[1] 실험값

입 사 구	질량 m_1	
	반경 r	
표 적 구	질량 m_2	
	반경 r	
수직낙하거리	H	

실험항목	측정횟수					평균
	1	2	3	4	5	
충돌 전 입사구 수평거리 r_0						
충돌 후 입사구 수평거리 r_1						
충돌 후 입사구 각 θ_1						
충돌 후 표적구 수평거리 r_2						
충돌 후 표적구 각 θ_2						

[2] 실험값 계산

입사구의 속력 : $v_1 = r_0 \sqrt{\frac{g}{2H}} =$

충돌 후 입사구의 속력 : $v_1' = r_1 \sqrt{\frac{g}{2H}} =$

충돌 후 표적구의 속력 : $v_2' = r_2 \sqrt{\frac{g}{2H}} =$ 단, $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$

구 분	선 운동 량		
	성분	충 돌 전	충 돌 후
입 사 구	x		
	y		
표 적 구	x		
	y		
계	x		
	y		

[3] 결과 및 토의

다음 사항을 포함시켜 검토할 것

- (1) 식 (1)에서 $m_1 = m_2$ 이면 $v_1 = v_1' + v_2'$ 이다. 측정한 세 벡터 v_1, v_1', v_2' 는 닫힌 삼각형을 만들어야 한다. 측정값이 이 조건을 만족시키는가를 검토하라.
- (2) 측정값 θ_1, θ_2 가 식 (6)을 만족시키면 탄성충돌이다. 본 실험이 탄성충돌인지 아닌지를 판별하라. 탄성충돌이 아니면 에너지 손실은 얼마나 되는가 계산하라.
- (3) 충돌전과 충돌 후 운동량의 x, y 성분을 비교 검토하고 운동량 보존법칙과 관계지어 설명하라.