일반물리실험 보고서

대학 학부(과)	**실험실:**
실험조: 조	**실험자:**
담당교수:	**학 번:**
담당조교:	**공동실험자:**
실험일자: 년 월 일	

운동량 보존 법칙

1. 목 적

두 개의 쇠 공을 충돌시킬 때 충돌 전후의 속도를 측정하여 운동량이 보존됨을 확인한다.

2. 실험 기구

2차원 충돌실험장치, 죔쇠(Clamp), 줄자, 실, 수직기, 쇠막대자 2개, 쇠 공 2개, 먹지, 흰 종이, 고무판

3. 이 론

질량이 m_i이고 속도가 $\vec{v}_i$인 N 개의 입자로 구성된 계의 총 운동량 $\vec{P}$ 는 각 입자의 운동량의 합이고, 이것을 식으로 표현하면

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^{N} \vec{P}_i = \sum_{i=1}^{N} \mathrm{m}_i \vec{v}_i$$

이다. 이 계에 작용하는 총 외력 $\vec{F}_{ext} = 0$ 인 경우

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{ext} = 0$$

로부터

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^{N} \vec{P}_i = \text{ 일정}$$

이다. 외력이 작용하지 않으면 입자계의 총 운동량은 항상 일정하다는 것이 운동량 보존법칙이다.

그림 1과 같이 질량이 m_1이고 초기속도 $\vec{v_1}$인 입자가 정지해 있는 질량 m_2인 입자와 2차원 충돌을 하는 계에서 운동량 보존법칙은 다음과 같다.

$$\vec{P_1} + \vec{P_2} = \vec{P_1'} + \vec{P_2'}$$

$$m_1\vec{v_1} + 0 = m_1\vec{v_1'} + m_2\vec{v_2'}$$

여기서 x, y축에 대한 성분식으로 표시하면

x 성분: $m_1 v_1 = m_1 v_1' \cos\theta_1 + m_2 v_2' \cos\theta_2$

y 성분: $0 = m_1 v_1' \sin\theta_1 - m_2 v_2' \sin\theta_2$

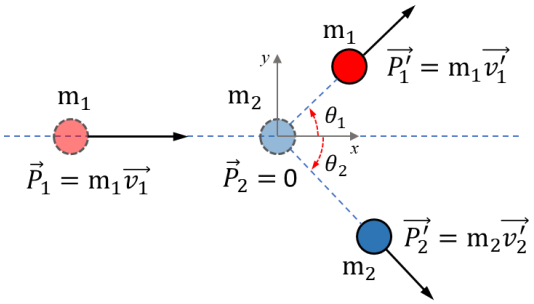


그림 1. 탄성충돌

의 관계가 성립된다.

두 쇠 공의 질량이 같고 탄성 충돌인 경우에는 $\theta_1 + \theta_2 = 90°$ 인 관계가 성립한다.

4. 측정값

4.1. 충돌위치의 높이 h, 쇠 공 m_1, m_2의 질량 측정 및 체공시간 계산

높이 h (m)	쇠공의 질량 (g)		체공시간 t (s)
	m_1	m_2	

◦ 체공 시간: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ◦ 속력: $v = \frac{x}{t} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{2h}}\,x$ ◦ 각도: $\theta = \tan^{-1}\frac{y}{x}$

4.2. 충돌 전 **m_1**의 초기 위치 **상, 중, 하**일 때의 이동거리

측정 횟수	x (m)		
	상	중	하
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

4.3. 충돌 후 $\mathbf{m_1}$, $\mathbf{m_2}$의 위치 측정

4.3.1. $\mathbf{m_1}$의 초기위치 **상**일 때

측정 횟수	$\mathbf{m_1}$		$\mathbf{m_2}$	
	$x_1(m)$	$y_1(m)$	$x_2(m)$	$y_2(m)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4.3.2. $\mathbf{m_1}$의 초기위치 **중**일 때

측정 횟수	$\mathbf{m_1}$		$\mathbf{m_2}$	
	$x_1(m)$	$y_1(m)$	$x_2(m)$	$y_2(m)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4.3.3. $\mathbf{m_1}$의 초기위치 **하**일 때

측정 횟수	$\mathbf{m_1}$		$\mathbf{m_2}$	
	$x_1(m)$	$y_1(m)$	$x_2(m)$	$y_2(m)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

5. 계산

5.1. 초기위치 **상, 중, 하**에서 충돌 전 m_1의 속력 v_1

횟수	$v_1\,(m/s)$		
	상	중	하
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
합계			

평균			
σ			
σ_m			
ϵ_m			

※ ◦ 속력: $v = \frac{x}{t} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{2h}}\,x$

◦ 각도: $\theta = \tan^{-1}\frac{y}{x}$

◦ 표준편차: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n-1}}$

◦ 표준오차: $\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

◦ 확률오차: $\epsilon_m = 0.6745\,\sigma_m$

5.2. 충돌 후 $\mathbf{m_1}$, $\mathbf{m_2}$의 이동거리, 속력 및 각도

5.2.1. 초기위치 **상**

횟수	$\mathbf{m_1}$			$\mathbf{m_2}$		
	$s_1(m)$	$v_1'(m/s)$	$\theta_1(^\circ)$	$s_2(m)$	$v_2'(m/s)$	$\theta_2(^\circ)$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
합계						

평균					
표준편차 (σ)					
표준오차 (σ_m)					
확률오차 (ϵ_m)					

5.2.2. 초기위치 **중**

횟수	$\mathbf{m_1}$			$\mathbf{m_2}$		
	$s_1(m)$	$v_1'(m/s)$	$\theta_1(\,^\circ)$	$s_2(m)$	$v_2'(m/s)$	$\theta_2(\,^\circ)$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
합계						
평균						
표준편차 (σ)						
표준오차 (σ_m)						
확률오차 (ϵ_m)						

※ ◦ 속력: $v = \frac{x}{t} = \frac{x}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{2h}}\,x,$ ◦ 각도: $\theta = \tan^{-1}\frac{y}{x}$

◦ 표준편차: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n-1}},$ ◦ 표준오차: $\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$ ◦ 확률오차: $\epsilon_m = 0.6745\,\sigma_m$

5.2.3. 초기위치 **하**

횟수	$\mathbf{m_1}$			$\mathbf{m_2}$		
	$s_1(m)$	$v_1'(m/s)$	$\theta_1(\,^\circ)$	$s_2(m)$	$v_2'(m/s)$	$\theta_2(\,^\circ)$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
합계						
평균						
표준편차 (σ)						
표준오차 (σ_m)						
확률오차 (ϵ_m)						

6. 실험 결과

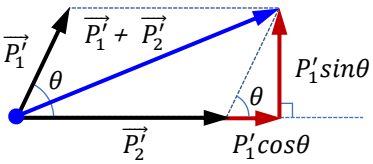
6.1. 쇠공 $\mathbf{m_1}, \mathbf{m_2}$의 충돌 전후 속력 v_1, v_1', v_2' 및 충돌 후 각도 θ_1, θ_2

초기 위치	충돌 전	충돌 후			
	v_1 (m/s)	v_1' (m/s)	θ_1 (°)	v_2' (m/s)	θ_2 (°)
상					
중					
하					

6.2. 충돌 전후의 운동량

초기 위치	쇠공		충돌 전	충돌 후				충돌전후 운동량 차
	$\mathbf{m_1}$ (kg)	$\mathbf{m_2}$ (kg)	$\boldsymbol{P_1}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_1'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_2'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\theta_1 + \theta_2$ (°)	$\boldsymbol{P_1'} + \boldsymbol{P_2'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_1} - (\boldsymbol{P_1'} + \boldsymbol{P_2'})$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$
상								
중								
하								

※ $\overrightarrow{P_1'} + \overrightarrow{P_2'} = \sqrt{P_1'^2 + P_2'^2 + 2P_1'P_2' \cdot cos\theta}, \quad \theta = \theta_1 + \theta_2$



6.2.1. 운동량 x성분

초기 위치	쇠공		충돌 전	충돌 후			충돌전후 운동량 차
	$\mathbf{m_1}$ (kg)	$\mathbf{m_2}$ (kg)	$\boldsymbol{P_{1x}}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1x}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{2x}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1x}'} + \boldsymbol{P_{2x}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1x}} - (\boldsymbol{P_{1x}'} + \boldsymbol{P_{2x}'})$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$
상							
중							
하							

6.2.2. 운동량 y성분

초기 위치	쇠공		충돌 전	충돌 후			충돌전후 운동량 차
	$\mathbf{m_1}$ (kg)	$\mathbf{m_2}$ (kg)	$\boldsymbol{P_{1y}}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1y}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{2y}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1y}'} - \boldsymbol{P_{2y}'}$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$	$\boldsymbol{P_{1y}} - (\boldsymbol{P_{1y}'} + \boldsymbol{P_{2y}'})$ $(\mathrm{kg}\cdot m/s)$
상							
중							
하							

7. 토의 및 검토

1) 충돌 전후 속력 v_1, v_1', v_2' 및 충돌 후 각도 θ_1, θ_2가 얼마나 정밀하게 측정되었는지 고찰해 본다.
2) 결과값들을 토대로 운동량보존법칙에 대해 논의해 본다.

8. 결론