

Chapter 9: Center of Mass and Linear Momentum — 연습문제

문제 1 [계산]

세 입자가 x - y 평면 위에 다음과 같이 놓여 있다:

- 입자 1: 질량 $m_1 = 2.0$ kg, 위치 $(x_1, y_1) = (0, 0)$
- 입자 2: 질량 $m_2 = 5.0$ kg, 위치 $(x_2, y_2) = (4.0 \text{ m}, 0)$
- 입자 3: 질량 $m_3 = 3.0$ kg, 위치 $(x_3, y_3) = (2.0 \text{ m}, 3.0 \text{ m})$

- (a) 이 계의 질량중심(center of mass)의 x , y 좌표를 구하시오.
 - (b) 입자 3의 질량 m_3 를 점점 증가시키면, 질량중심은 어느 방향으로 이동하는지 정성적으로 설명하시오.
-

문제 2 [개념+유도]

운동량 보존 법칙(conservation of linear momentum)에 대해 답하시오.

- (a) 뉴턴의 제2법칙 $\vec{F}_{\text{net}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ 로부터 운동량 보존 법칙($\vec{p}_i = \vec{p}_f$)이 성립하기 위한 조건을 유도하시오.
 - (b) 두 입자가 충돌할 때 계에 외력이 작용하지 않으면 전체 운동량이 보존됨을 뉴턴의 제3법칙을 이용하여 설명하시오.
 - (c) 폭죽이 내장된 코코넛이 마찰 없는 바닥 위에 정지해 있다가 폭발하여 세 조각으로 나뉘었다. 이 경우에도 전체 운동량이 보존되는 이유를 설명하시오.
-

문제 3 [계산]

질량 $m = 0.40$ kg인 공이 $+x$ 방향으로 $v_i = 30$ m/s의 속력으로 날아와 벽에 충돌한 후 $-x$ 방향으로 $v_f = 20$ m/s의 속력으로 되튀어 나간다. 충돌 시간은 $\Delta t = 5.0$ ms이다.

- (a) 공의 운동량 변화 Δp 를 구하시오 ($+x$ 를 양의 방향으로 정한다).
 - (b) 벽이 공에 가한 충격량(impulse) J 를 구하시오.
 - (c) 충돌 동안 공에 작용한 평균 힘 F_{avg} 의 크기를 구하시오.
-

문제 4 [계산]

질량 $m_1 = 6.0$ kg인 물체가 $+x$ 방향으로 $v_{1i} = 8.0$ m/s로 움직이다가, 정지해 있던 질량 $m_2 = 2.0$ kg인 물체와 정면으로 탄성 충돌한다.

- (a) 충돌 후 두 물체의 속도 v_{1f} , v_{2f} 를 각각 구하시오.
 - (b) 충돌 전후의 전체 운동 에너지를 각각 구하고, 운동 에너지가 보존되는지 확인하시오.
-

문제 5 [계산]

질량 $m_1 = 4.0$ kg인 수레가 $+x$ 방향으로 $v_{1i} = 5.0$ m/s로 움직이다가, 같은 방향으로 $v_{2i} = 2.0$ m/s로 움직이는 질량 $m_2 = 6.0$ kg인 수레에 뒤에서 충돌하여 두 수레가 결합(완전 비탄성 충돌)되었다.

- (a) 충돌 후 결합된 수레의 속도 V 를 구하시오.
 - (b) 충돌 전후의 운동 에너지를 각각 계산하고, 손실된 운동 에너지를 구하시오.
 - (c) 충돌에서 손실된 운동 에너지의 비율(%)을 구하시오.
-

문제 6 [유도]

질량 m_1 인 물체(projectile)가 속도 v_{1i} 로 정지해 있는 질량 m_2 인 물체(target)에 1차원 탄성 충돌한다.

- (a) 운동량 보존과 운동 에너지 보존을 연립하여, 충돌 후 속도를 다음과 같이 유도하시오:

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i}, \quad v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i}$$

- (b) $m_1 = m_2$ 일 때, $m_1 \gg m_2$ 일 때, $m_1 \ll m_2$ 일 때 각각 어떤 결과가 되는지 물리적으로 해석하시오.
-

문제 7 [계산]

질량 $m_1 = 3.0$ kg인 물체가 $+x$ 방향으로 $v_{1i} = 5.0$ m/s로 움직이다가, 정지해 있던 질량 $m_2 = 2.0$ kg인 물체와 2차원 탄성 충돌을 한다. 충돌 후 물체 1이 $+x$ 축으로부터 $\theta_1 = 30^\circ$ 위쪽 방향으로 진행한다.

- (a) x 방향과 y 방향의 운동량 보존 식을 각각 세우시오.
- (b) 운동 에너지 보존 식을 세우시오.
- (c) 위 세 식을 이용하여 v_{1f} , v_{2f} , θ_2 를 구하시오.