# 제 6장　연습 문제 풀이

연습문제

6-1, 6-6, 6-11

6-2, 6-7, 6-12

6-3, 6-8, 6-13

6-4, 6-9, 6-14

6-5, 6-10, 6-15

홈페이지

예제문제

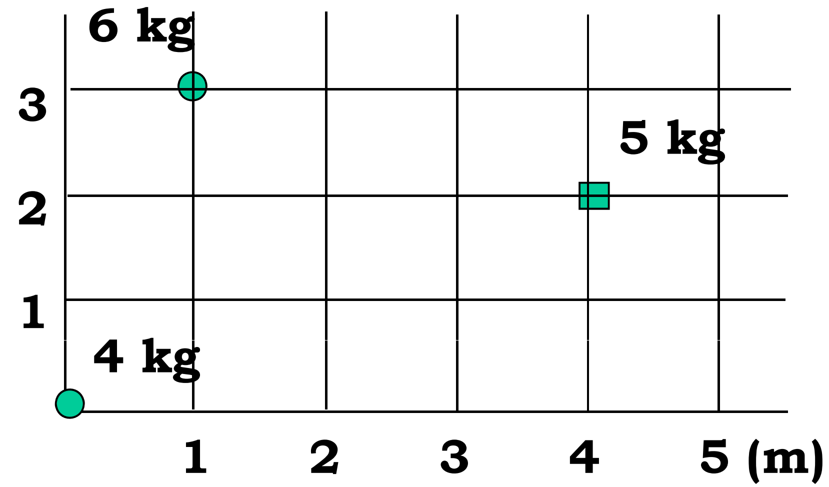
6-5

**[연습 6-1]** 세 물체의 질량 중심점

아래의 좌표상에 놓인 세 개 입자의 질량 중심 좌표는?

풀이

x 축과 y 축 각각에 대해 질량중심 식을 이용하여 좌표를 구한다




x 와 y 의 질량 중심 좌표식에서

$$x_{cm} = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i} = \frac{(4\times 0 + 1\times 6 + 5\times 4)kg\cdot m}{(4+6+5)kg} = 1.7\, m$$

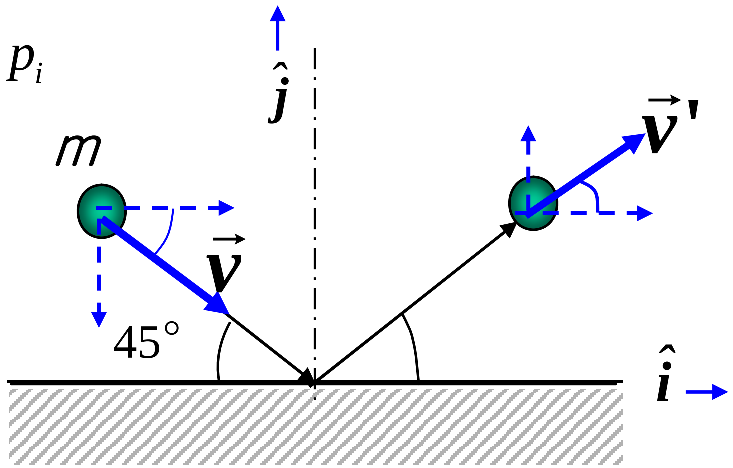
$$y_{cm} = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i} = \frac{(4\times 0 + 3\times 6 + 2\times 5)kg\cdot m}{(4+6+5)kg} = 1.9\, m$$

그러므로 총질량의 질량 중심 좌표는

**(1.7, 1.9)**

**연습 6-2.** 질량이 m인 공이 V 의 속력으로 지면을 향해 떨어졌다. 이 공이 지면과 45도의 각도로 부딪친 후 튀어 나오면 공의 운동량의 변화량은 얼마인가?

운동량 변화량 : $\Delta p = p_f - p_i$




풀이

$\left(v' = v : \text{탄성충돌}\right)$

x축과 y축에 대해 나중 운동량에서 처음 운동량을 빼면

$$\Delta p_x = mv'\cos 45 - mv\cos 45 = 0$$

$$\Delta p_y = mv'\sin 45 - \left(-mv\sin 45\right) = \frac{2}{\sqrt{2}}(mv) = \sqrt{2}(mv)$$

공의 운동량의 변화량

$$\Delta\vec{p} = \Delta p_x\hat{i} + \Delta p_y\hat{j} = 0\hat{i} + \left(\sqrt{2}mv\right)\hat{j} = \left(\sqrt{2}mv\right)\hat{j}$$

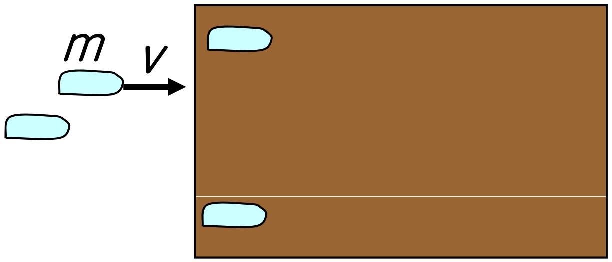
X 축으로는 운동량의 변화가 없고 y 축에 대한 운동량의 변화량만 있다

**연습 6-3** 어떤 탄환 하나의 질량은 5.0 g 이며 속력은 200m/s 이다. 이 탄환은 1초에 10발로 발사될 수 있다. 이러한 상태로 발사되는 탄환들이 모두 커다란 나무토막에 박힌다면 나무토막이 받는 평균 힘은 얼마인가?

운동량의 변화량은 충격량과 같으며 이 충격량은 평균힘과 시간에 비례하는 양이다.

풀이

$$\overline{F}\cdot\left(t_f - t_i\right) = \overline{F}\cdot\Delta t = p_f - p_i$$




$$\Delta t = 1\,\mathrm{sec}$$

한편 나무토막의 운동량 변화량은 총알의 운동량의 변화량과 같고 방향이 반대이다.

$$\Delta p_{총알} = -10mv \quad (p_i = 10mv, \quad p_f = 0) \quad \Rightarrow \Delta p_{나무토막} = 10mv$$

나무토막의 운동량의 변화량은 충격량과 같으므로 충격력은

$$\overline{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{10mv}{1s} = \frac{10\cdot\left(5\times 10^{-3}kg\right)\cdot 200m/s}{1s} = 10N$$

나무토막이 받는 평균 힘 : 10 $N$

- "나무 토막이 받은 힘은 "+"로 원래 운동 방향

연습 6-4 원자로 내부에서는 많은 빠른 중성자가 발생된다. 이 중성자들의 속력을 감소시키기 위해서는 중성자들을 다른 원자에 충돌시킨다. 빠른 중성자가 같은 질량을 가진 수소의 원자핵에 충돌하는 경우와 질량이 약 200배 무거운 납 원자핵에 정면 충돌할 때 어느 경우 더 많은 운동에너지를 잃겠는가?

풀이

탄성충돌에 의한 충돌 후의 속도 식을 이용하여 운동에너지의 비를 구한다.

1) 질량이 $m_1$ 인 중성자가 같은 질량의 수소원자핵 ($m_2$)에 충돌하는 경우

입사된 입자의 충돌 후 속도식은 (6.24)식에 의해

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 = 0 \quad (\because m_1 = m_2)$$

$$\frac{\Delta KE}{KE_i} = \frac{\frac{1}{2}m_1 v_1^2 - \frac{1}{2}m_1 v_1'^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2} = \left(1 - \frac{v_1'^2}{v_1^2}\right) = 1$$

중성자가 질량이 거의 같은 양성자에 충돌하면 100% 운동에너지를 잃는다.

2) 질량이 $m_1$인 중성자가 200배 무거운 납원자핵 ($m_2$) 에 충돌했을 때

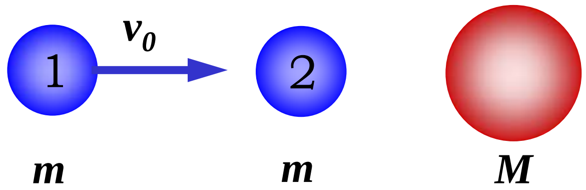
$$v_1' = \left(\frac{m_1 - 200m_1}{m_1 + 200m_1}\right) v_1 = -\frac{199}{201} v_1 \quad (\because m_2 = 200m_1)$$

$$\frac{\Delta KE}{KE_i} = 1 - \left(\frac{v_1'}{v_1}\right)^2 = 1 - \left(\frac{199}{201}\right)^2 \approx 0.02$$

중성자가 무거운 납원자에 충돌하면 중성자의 처음 속력에서 2% 만 손실될 뿐 거의 운동에너지를 잃지 않고 반대방향으로 튄다.

**연습 6-5**. 질량이 m인 물체가 속력 $v_0$ 로 운동하고 있다. 이 물체의 앞에는 질량이 각각 m 과 M 인 두 물체가 서로 떨어진 채 놓여 있다. 이 물체들이 서로 정면 탄성 충돌한다고 할 때 M > m 인 경우 이 상황에서는 3번의 충돌이 일어남을 보이고 각 물체의 최종속도를 구하여라.

풀이




탄성충돌의 의한 충돌 후의 속도 식을 이용한다.

입사 입자 의 충돌 후 속도 $v_1'$

표적입자 의 충돌 후 속도 $v_2'$

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 \qquad v_2' = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_1$$

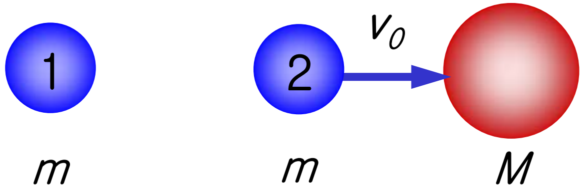
1) 질량이 같은 물체 1 과 2 의 충돌 ($m_1=m_2=m$) :

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 = \left(\frac{m - m}{m + m}\right) v_0 = 0 \qquad v_2' = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_1 = \left(\frac{2m}{m + m}\right) v_0 = v_0$$

물체 1 은 정지하고 물체2의 속력은 물체 1과 같아진다

<다음 쪽 계속>

풀이 (계속)



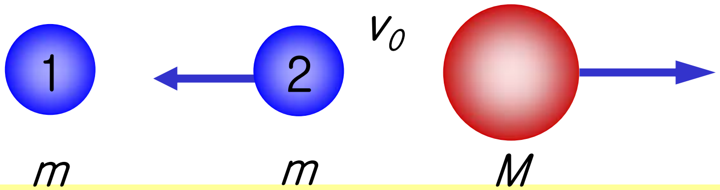

2) 물체 2 가 $v_0$ 의 속력으로 M 과 충돌 ($m_1$=m < $m_2$=M) :

물체 2 : $v_1'^{(2)} = \left(\frac{m-M}{m+M}\right) v_2' = \left(\frac{m-M}{m+M}\right) v_0 \approx -v_0$

물체 M : $v_2'^{(2)} = \left(\frac{2m}{m+M}\right) v_1 = \left(\frac{2m}{m+M}\right) v_0 \approx 0$

물체 2 는 거의 처음과 같은 속력으로 되튀고

물체 M 은 오른쪽 방향으로 약하게 움직이게 된다.




3) M과 충돌후 되돌아온 물체 2 과 1 의 충돌 ($m_1$=$m_2$=m) :

물체 1 : $v_2'^{(3)} = \left(\frac{2m_1}{m_1+m_2}\right) v_1'^{(2)} = \left(\frac{2m}{m+m}\right)\left(\frac{m-M}{m+M}\right) v_0 = \boxed{\left(\frac{m-M}{m+M}\right) v_0 \approx -v_0}$

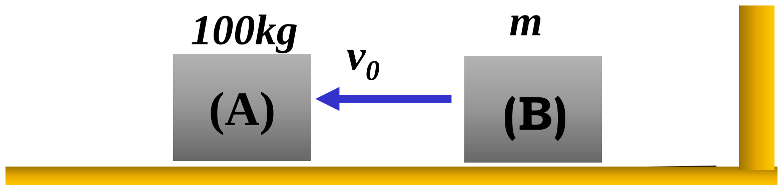
물체 2 : $v_1'^{(3)} = \left(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\right)\left(v_1'^{(2)}\right) = \left(\frac{m-m}{m+m}\right)\left(\frac{m-M}{m+M}\right) v_0 = \boxed{0}$

물체 M : $v_2'^{(2)} = \left(\frac{2m}{m+M}\right) v_1 = \boxed{\left(\frac{2m}{m+M}\right) v_0 \approx 0}$

물체 2 는 모든 운동량을 물체 1에 전달하므로 정지하게 되며,
물체 1은 물체 2의 입사속도와 거의 같은 속도가 되어 왼쪽으로 움직이게 된다.

물체 M 은 오른쪽 방향으로 약하게 움직인다.

**연습 6-6**. 질량이 100kg 인 물체 (A) 가 마찰이 없는 평면 위에 놓여 있다. 이 물체의 한편에는 벽면이 있으며, 그 벽면과 물체 사이에는 질량 m 인 물체 (B)가 어떤 속력 $v_0$ 로 (A)를 향하여 운동하고 있다. 물체 (B)는 (A)와 한번 충돌한 후 다시 벽과 충돌한 다음 처음 운동방향으로 운동한다고 한다. 모든 충돌이 탄성충돌이라 할 때 충돌이 모두 끝난 후 두 물체의 속도가 같다면 물체 (B) 의 질량은 얼마인가? (벽의 질량은 무한히 크다고 가정하여라)




풀이

입사 입자의 충돌 후 속도 $v_1$'

표적입자의 충돌 후 속도 $v_2$'

$$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 \qquad v_2' = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_1$$

1) 질량 m인 (B) 물체가 (A) 와 충돌하면 ($m_1$=m , $m_2$=100kg) :

물체 (B) $$v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_1 = \left(\frac{m - 100}{m + 100}\right)(-v_0)$$

물체 (A) $$v_2' = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_1 = \left(\frac{2m}{m + 100}\right)(-v_0)$$

<다음 쪽 계속>

풀이 (계속)

2) 물체 B 는 $v_2' = \left(\frac{m-100}{m+100}\right)(-v_0)$ 의 속력으로 벽과 충돌함

($m_1$=m, $m_2$=M=∞, M>>m) :

물체 (B) $v_1'^{(2)} = \left(\frac{m-M}{m+M}\right)v_2' \cong -v_2' \quad (\because M >> m)$

$$\therefore\ v_1'^{(2)} = \left(\frac{m-100}{m+100}\right)v_0$$

물체 B 는 벽과 부딪쳐서 처음과 같은 속력으로 되튄다. 벽은 질량이 커서 움직이지 않는다.

벽 $v_2'^{(2)} = \left(\frac{2m}{m+M}\right)v_1 \cong 0$

3) 충돌후 물체 B 와 물체 A 는 같은 속도를 갖는 조건에서

물체 (A): $v_2' = -\left(\frac{2m}{m+100}\right)v_0$ 물체 (B): $v_1'^{(2)} = \left(\frac{m-100}{m+100}\right)(v_0)$

$$\left(\frac{m-100}{m+100}\right)v_0 = -\left(\frac{2m}{m+100}\right)v_0$$

$$m-100 = -2m \Rightarrow 3m = 100$$

$$\therefore m = \frac{100}{3}kg$$

**연습 6-7**. 200m/s 의 속력으로 운동하는 질량이 0.1kg인  공을 글러브로 받았다. 공이 글러브에 힘을 작용하는 시간이 10ms 초라면 공이 글러브에 작용한 힘을 얼마인가? 단 힘의 크기는 충돌 중 일정하다고 가정한다.

운동량의 변화량은 충격량과 같으며 이 충격량은 평균힘과 시간에 비례하는 양이다.

풀이

(운동량의 변화량 = 충격량)

$$J = \overline{F}\Delta t = p_f - p_i$$

(음의 부호는 방향과 관계)

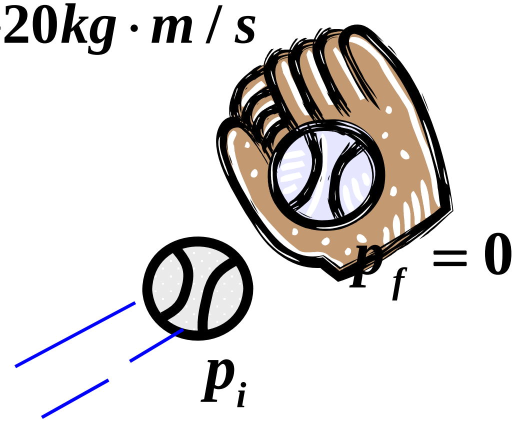
- $J = \mathrm{p}_f - \mathrm{p}_i$

$$= 0 - (mv_i) = -mv_i = -0.1kg \times 200m/s = -20kg \cdot m/s$$

- $\overline{F}\Delta t = J = -20.0(kg \cdot m/s)$

$$\overline{F} = \frac{20.0(kg \cdot m/s)}{1.00 \times 10^{-2} s} = 2.00 \times 10^{3} kg \cdot m/s^{2}$$

$$= 2000\,N$$

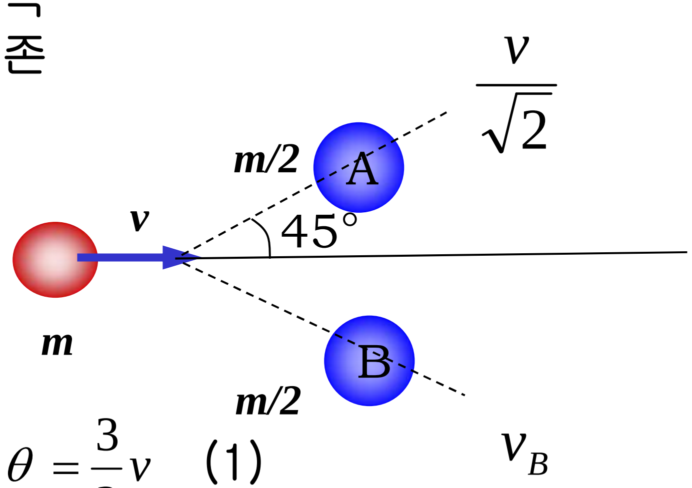


**연습 6-8.** 그림과 같이 질량 m , 속도가 v 인 물체가 내부 반응에 의하여 어느 순간 질량이 m/2 인 둘로 쪼개져서 운동을 한다. 물체에 작용하는 중력은 무시한다.

(가) 이 때 물체의 총 운동량은 쪼개지기 전과 비교해서 어떻게 되는가?

풀이

(가) 물체의 총운동량은 외력이 작용하지 않고 내력에 의해 쪼개졌으므로 운동량은 일정하게 보존되므로 쪼개지기 후의 운동량은 전과 같다.




운동량 보존 법칙에 의해

X축: $mv = \left(\frac{m}{2}\right)\left(\frac{v}{\sqrt{2}}\right)\cos 45 + \left(\frac{m}{2}\right)v_B\cos\theta \Rightarrow v_B\cos\theta = \frac{3}{2}v$ (1)

Y축: $0 = \left(\frac{m}{2}\right)\left(\frac{v}{\sqrt{2}}\right)\sin 45 - \left(\frac{m}{2}\right)(v_B)\sin\theta \Rightarrow v_B\sin\theta = \frac{1}{4}v$ (2)

$(1)^2 + (2)^2 = (v_B\cos\theta)^2 + (v_B\sin\theta)^2 = \left(\frac{3}{2}v\right)^2 + \left(\frac{1}{2}v\right)^2 = \frac{10}{4}v^2$

$$\therefore\ v_B = \frac{\sqrt{10}}{2}v$$

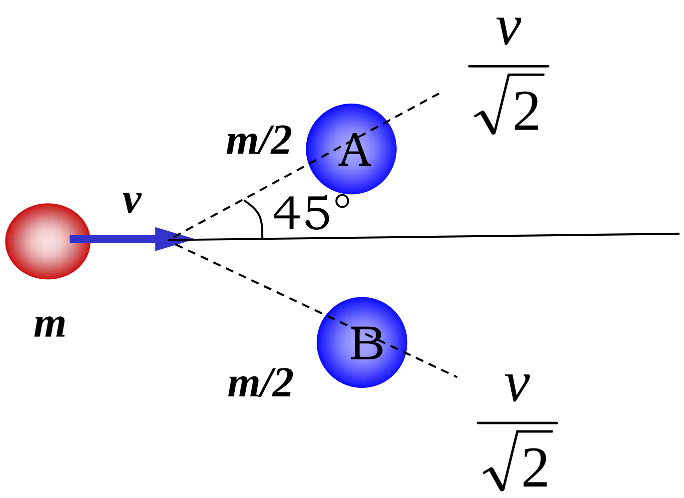
<다음 쪽 계속>

**연습 6-8 (계속).** 그림과 같이 질량 m , 속도가 v 인 물체가 내부 반응에 의하여 어느 순간 질량이 m/2 인 둘로 쪼개져서 운동을 한다.물체에 작용하는 중력은 무시한다.

(나) 이 때 물체의 총 운동에너지는 쪼개지기 전과 비교해서 어떻게 되는가?
(다) B 의 속력은 얼마인가?

풀이

(나) 물체의 운동에너지




$$충돌전 : \frac{1}{2}mv^2$$

$$충돌후 : \frac{1}{2}\left(\frac{m}{2}\right)\left(\frac{v}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{m}{2}\right)v_B{}^2$$

$$= \frac{m}{8}v^2 + \frac{m}{4}\left(\frac{\sqrt{10}}{2}v\right)^2 = \frac{3}{4}mv^2$$

충돌 전에 비해 충돌 후의 운동에너지가 증가하였다.

(다) B 의 속력은 (가)의 운동량 보존식을 통해 구한다.

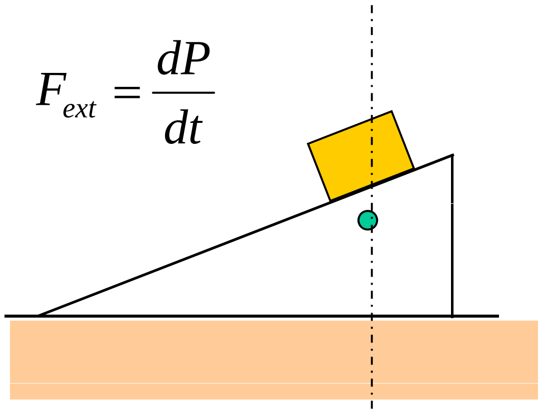
$$\therefore \quad v_B = \frac{\sqrt{10}}{2}v$$

**연습 6-9** 큰 쐐기 모양의 나무토막이 마찰이 없는 수평면에 놓여 있다. 작은 벽돌이 미끄러져 내려오기 시작하면 벽돌이 움직이는 동안 나무토막과 벽돌의 질량 중심은 어느 쪽으로 운동하는가?

**풀이**

큰 쐐기 모양의 나무토막과 벽돌 사이에는 서로 미는 수직항력이 존재하지만 나무토막과 벽돌을 한 계로 본다면 이 힘은 내력이 된다. 내력은 뉴턴의 3법칙에 의하면 서로 상쇄되므로 이 계에 영향을 미치는 외력은 중력일 뿐이다.

$$F_{ext} = \frac{dP}{dt}$$



1) 수평방향

외력이 작용하지 않으므로 질량중심의 수평방향의 속력은 변하지 않는다.

$$F_x = \mathbf{0} \Rightarrow P_x = M\left(V_{cm}\right)_x = \text{상수}$$

$\therefore$ 질량중심의 x 방향 속력 $\left(V_{cm}\right)_x = \text{일정상수}$

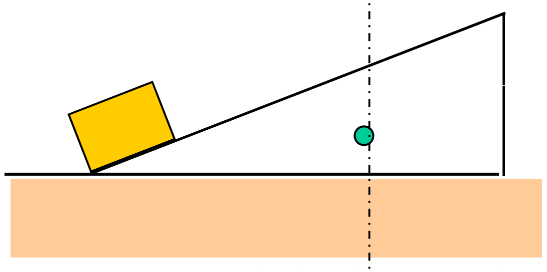
(M : 나무토막과 벽돌을 합한 전체질량)

2) 수직방향

$$F_{ext} = \frac{dP}{dt} = -Mg$$

$$\Rightarrow \; P_y = M\left(V_{cm}\right)_y = \text{-}Mgt$$

$\therefore$ y 방향의 질량중심의 속력 $\left(V_{cm}\right)_y = -gt$



즉 나무토막과 벽돌로 된 계에 작용하는 외력은 수평방향으로는 0 이고 수직 방향으로만 중력이 작용하므로 이 계의 질량중심의 속력은 외력이 중력방향으로 (낙하운동의 속력과 같이) 수직 아래 쪽 방향으로 움직인다.

**연습 6-10** 두 사람 **A** 와 **B** 는 같은 운동에너지를 가지고 있다**. A** 의 질량 이 **B** 의 **9** 배일 때 **A** 와 **B** 의 운동량의 비는 얼마인가**?**

풀이

운동에너지가 같다는 조건에서 두 물체간의 속도의 비를 구한다. 또한 운동량은 질량과속도의 곱이므로 운동량의 비를 구한다.

$$(m_A = 9m_B)$$

$$\frac{K_B}{K_A} = \frac{\frac{1}{2}m_B v_B^{\ 2}}{\frac{1}{2}m_A v_A^{\ 2}} = \frac{m_B v_B^{\ 2}}{(9m_B)v_A^{\ 2}} = \frac{v_B^{\ 2}}{9v_A^{\ 2}} = 1 \Rightarrow v_B = 3v_A$$

$$P_A = m_A v_A = 9m_B\left(\frac{1}{3}v_B\right) = 3m_B v_B = 3P_B$$

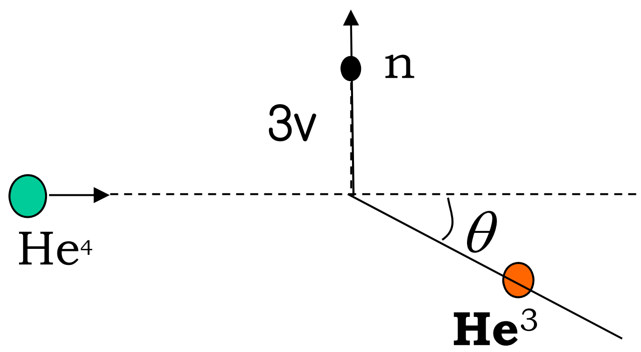
$$\therefore \quad P_A : P_B = 3 : 1$$

연습 6-11 속력 v를 가진 $^4He$ 핵(원자질량 4u)은 중성자(원자질량=1u)
와 $^3He$ 핵으로 쪼개진다. 중성자는 $^4He$ 핵과 직각으로
멀어진다. 중성자의 속력이 3v 라면 $^3He$ 핵의 최종속력은?

풀이

$^3He$ 의 원자질량 = 3 u

운동량 보존식으로 풀면




$$\text{(X축)} \quad 4u \cdot v = 3u \cdot v_f \cos\theta \quad (1)$$

$$\text{(Y축)} \quad 1u \cdot 3v = 3u \cdot v_f \sin\theta \quad (2)$$

$$(1)^2 + (2)^2 = (4v)^2 + (3v)^2 = 9v_f^{\,2}$$

$$\therefore \quad 25v^2 = 9v_f^{\,2} \quad \Rightarrow \quad v_f = \frac{5v}{3}$$

**연습 6-12.** 3m/s의 속력으로 움직이는 보도가 있다. 평균적으로 매초 4명의 정지해 있던 사람이 보도 위로 올라서고 4명의 사람이 보도에서 내려온다. 한 사람의 질량이 60kg 일 때, 이 보도를 계속 움직이게 하기 위해서 필요한 평균힘은 얼마인가?

풀이

운동량의 변화량은 충격량과 같으며 충격량은 평균힘과 시간에 비례하는 양이다.

(운동량의 변화량 = 충격량) $J = \overline{F}\Delta t = \Delta p$

$$J = \Delta \mathbf{p} = 4mv = 4 \times 60kg \times 3m/s = 720kg \cdot m/s$$

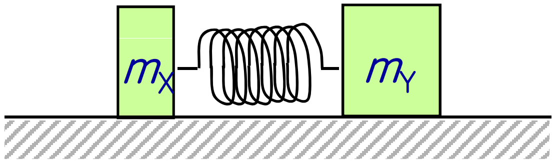
$$\overline{F}\Delta t = J = 720(kg \cdot m/s)$$

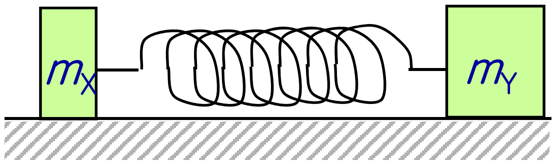
$$\overline{F} = \frac{720(kg \cdot m/s)}{1s} = 720kg \cdot m/s^2 = 720N$$

**연습 6-13**. 13. 두 물체 X, Y 가 질량이 없는 용수철에 매여 마찰이 없는 수평인 표면에 정지해 있다. X 의 질량은 Y의 질량의 2/5 배이다. 두 물체를 압축시켰다가 놓을 때, X의 운동에너지는 Y의 운동에너지의 몇 배가 되는가?

풀이

운동량 보존법칙 (conservation of linear momentum)




$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \mathbf{F}_{ext} = 0 \quad \rightarrow \quad \mathrm{P} = constant \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{P}_{before} = \boldsymbol{P}_{after}$$

외력이 없으므로 $0 = \boldsymbol{P}_1 + \boldsymbol{P}_2$

$$\boldsymbol{P}_1 = -\boldsymbol{P}_2$$

$$m_X \mathrm{v}_X = -m_Y \mathrm{v}_Y$$

두 물체의 속도 비는 $\dfrac{\mathrm{v}_X}{\mathrm{v}_Y} = -\dfrac{m_Y}{m_X} = \dfrac{5}{2}$

두 물체의 운동에너지 비는

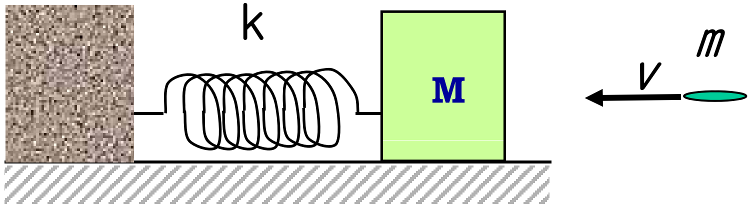
$m_X = 2/5\ m_Y$ 이므로

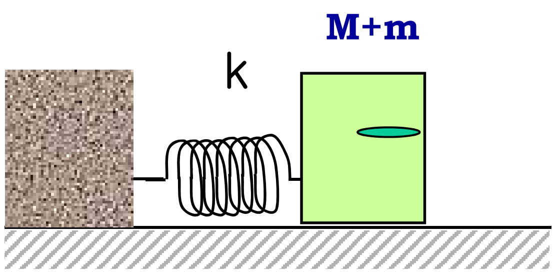
$$\frac{K_X}{K_Y} = \frac{\frac{1}{2} m_X \mathrm{v}_X^2}{\frac{1}{2} m_Y \mathrm{v}_Y^2} = \frac{m_X}{m_Y}\left(\frac{\mathrm{v}_X}{\mathrm{v}_Y}\right)^2 = \frac{m_X}{m_Y}\left(\frac{m_Y}{m_X}\right)^2 = \frac{m_Y}{m_X} = \frac{5}{2}$$

**연습 6-14**. 그림과 같이 질량 m 인 총알이 용수철에 달려 있는 질량 M 인 나무 토막에 속도 v 로 날아와 박혔다. 용수철 상수는 k 이고 용수철 끝은 벽에 고정되어 있으며, 나무토막과 바닥면 사이의 마찰은 무시한다. 이때, 용수철의 최대 압축 거리를 구하여라.

풀이

운동량 보존법칙 (conservation of linear momentum)에 의하여 총알이 나무토막에 박힌 후 나무토막과 총알이 박혀 움직이는 속도 v'를 구한다. 이 운동에너지는 용수철의 탄성에너지로 전환되므로 최대 압축거리는 에너지 보존에 의해 구할 수 있다.




$$mv = (M+m)v' \Rightarrow v' = \frac{mv}{M+m}$$

$$\frac{1}{2}(M+m)v'^2 = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{mv}{M+m}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{m^2v^2}{M+m} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$\therefore x = \frac{mv}{\sqrt{k(M+m)}}$$

**연습 6-15**. 수평인 공기 트랙 위에서 속력 v 로 움직이는 질량이 m 인 수레가 정지해 있는 질량 2m 인 수레와 충돌하여 서로 연결된 채 같이 움직인다. 한 수레가 다른 수레에 전달한 충격량은 얼마인가?

풀이

운동량 보존법칙 (conservation of linear momentum)에 의하여 충돌후 두 수레가 연결된 운동하는 속도를 구한다. 각 수레의 운동량의 변화량은 충격량과 같다.

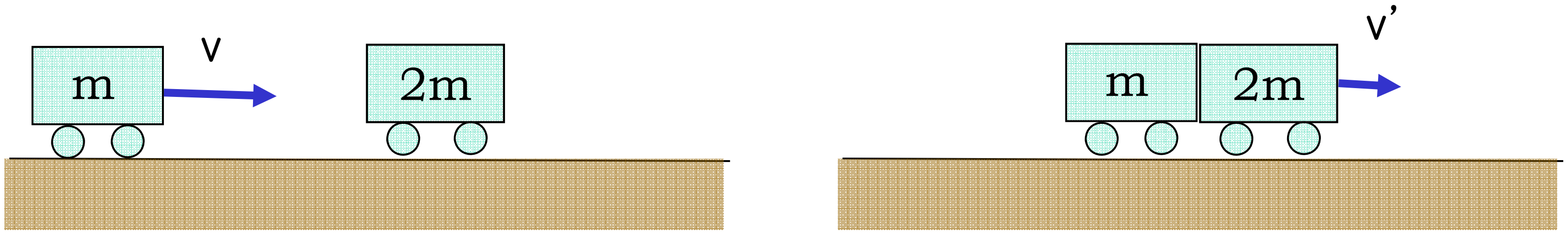
$$mv = (m + 2m)v' = 3mv' \Rightarrow v' = \frac{1}{3}v$$

$$J = \Delta p$$

(2m 수레의 운동량의 변화량 = 충격량)

$$J = \Delta \mathbf{p} = 2m(v' - 0) = 2mv' = \frac{2mv}{3}$$

(m 수레의 충격량도 방향만 다를 뿐 크기는 같다



**[예제6-5]** 두 개의 권총에서 같은 속력으로 총알을 발사했다. **1**번 권총의 질량은 **2**번 권총의 **3**배이고, **1**번 권총에서 발사되는 총알은 **2**번 권총에서 발사되는 총알 질량의 **2**배이다. 총알이 권총에 전달하는 운동량의 비는 얼마인가?

풀이

권총은 외력에 의한 것이 아닌 내력에 의한 발사이므로 운동량이 보존되므로 총알의 운동량만큼 권총에 전달된다.

총알 권총

$$\left(m_1 = 2m_2 \qquad \mathrm{M}_1 = 3M_2\right)$$

$$\rightarrow \quad \boldsymbol{M_1V_1 + m_1v = 0} \qquad \boldsymbol{M_2V_2 + m_2v = 0}$$

$$\boldsymbol{V_1 = \frac{-m_1}{M_1}v} \qquad \boldsymbol{V_2 = \frac{-m_2}{M_2}v}$$

$$\boldsymbol{\frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2V_2}{M_1V_1} = \frac{m_2v}{m_1v} = \frac{m_2v}{2m_2v} = \frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad \mathbf{P_2 : P_1 = 2 : 1}$$