10. 투수가 질량이 0.1 kg인 야구공을 타자에게 40 m/s의 속력으로 던졌다. 타자는 야구공을 쳐서 날아온 방향과 정반대 방향으로 야구공을 20 m/s의 속력으로 되돌려 보냈다. 방망이와 야구공의 접촉 시간이 0.02초라면, 야구공에 가해진 평균힘의 크기는 얼마인가?

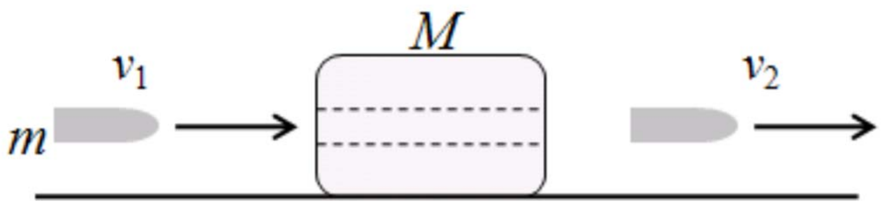
$$\Delta p = J = F_{avg}\Delta t$$

$$F_{avg} = \Delta p / \Delta t = (0.1kg)\left[20\ \mathrm{m/s} - \left(-40\ \mathrm{m/s}\right)\right]/(0.02s) = 300\ \mathrm{N}$$

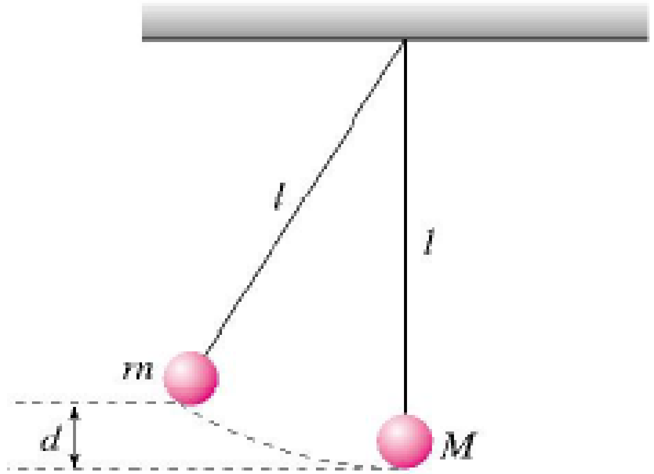
11. 바닥 위에 질량이 M인 물체가 놓여 있다. 이때 질량이 m인 탄환이 속력 v_1 으로 날아와 물체를 순간적으로 관통한 후 v_2의 속력으로 지나갔다. 관통 후에 물체의 속력을 구하시오. (관통 후에 물체의 질량은 변화가 없다고 가정한다.)

$$P_i = P_f \qquad mv_1 = mv_2 + MV$$

$$\therefore V = \frac{m}{M}\left(v_1 - v_2\right)$$



12. 끈의 길이가 l로 같은 두 진자의 끝에 질량이 각각 m, M인 두 공이 달려 있다. 질량이 m인 공을 d만큼 높은 위치까지 올렸다가 놓았을 때, 완전 비탄성충돌이 일어나는 경우 충돌 후의 물체는 얼마나 높이 올라가겠는가? 단, 끈의 질량은 무시하고, 중력가속도는 g이다.



두 진자

역학적 에너지 보존 법칙에 의해

$$mgd = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v^2 = 2gd$$

운동량 보존 법칙

$$mv = (m+M)V$$

$$V = \frac{m}{m+M}v = \frac{m}{m+M}\sqrt{2gd}$$

충돌 후 역학적 에너지 보존 법칙에 의해

$$\frac{1}{2}(m+M)V^2 = \frac{1}{2}(m+M)\left(\frac{m}{m+M}\right)^2 2gd = (m+M)gh$$

$$h = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 d$$

[주관식 1] (20점) 질량이 2 kg인 물체에 어떤 힘을 가했더니 시간에 따른 위치의 변화가 $x = 5t - 3t^2 + t^3$으로 주어졌다. 여기서 x의 단위는 m이고, t의 단위는 초이다. 이때, 다음 물음에 답하여라.

(가) 처음 5초 동안에 (즉 $t = 0$에서 $t = 5$까지) 이 물체의 평균 속력을 구하여라.

(나) 처음 5초 동안에 이 물체에 가한 힘이 한 일을 구하여라.

(다) 처음 5초 동안에 이 물체에 가해진 충격량을 구하여라.

가) $x(0) = 0\text{ m},\qquad x(5) = 5(5) - 3(25) + 5^3 = 75\text{ m}$

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{75\text{ m}}{5\text{ s}} = 15\text{ m/s}$$

나) 일과 에너지 정리

$$v(t) = 5 - 6t + 3t^2 \quad v(0) = 5\text{ m/s},\qquad v(5) = 5 - 30 + 3(25) = 50\text{ m/s}$$

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}(2\text{ kg})\left[(50\text{ m/s})^2 - (5\text{ m/s})^2\right] = 2475\text{ J}$$

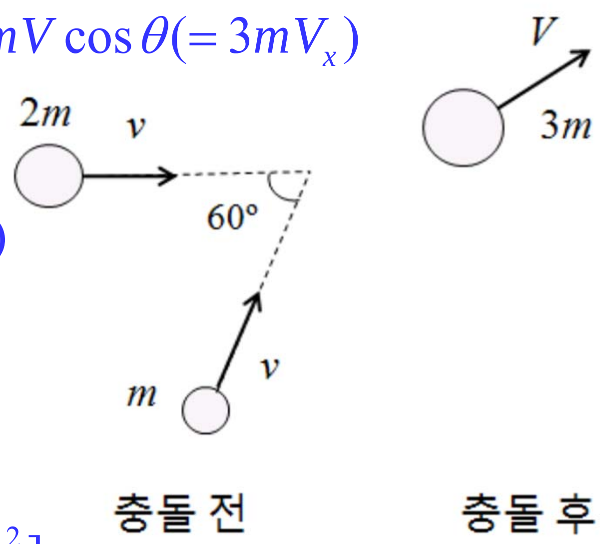
다) 운동량 충격량 정리

$$J = \Delta p = (2\text{ kg})\left[(50\text{ m/s}) - (5\text{ m/s})\right] = 90\text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

[주관식 2] (20점) 그림과 같이 질량이 각각 2m, m인 두 물체가 속력 v로 서로 60° 의 각을 이루며 날아와서 충돌한 후, 한 덩어리가 되어 운동한다.

(가) 중력을 무시할 때, 충돌 후 질량이 3m인 이 물체의 속력은 얼마인가?

(나) 충돌에 의한 에너지 손실은 얼마인가?



가) 운동량 보존

$$x: mv + 2m\frac{v}{2} = 3mV\cos\theta (= 3mV_x), \quad 2mv = 3mV\cos\theta (= 3mV_x)$$

$$V\cos\theta = (2/3)v$$

$$y: 2mv = 2m\frac{\sqrt{3}}{2}v = \sqrt{3}mv = 3mv\sin\theta (= 3mV_y)$$

$$V\sin\theta = (1/\sqrt{3})v$$

$$\therefore V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{7}{9}v^2} = \frac{\sqrt{7}}{3}v$$

나) $$K_f - K_i = [\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(2m)v^2] - [\frac{1}{2}(3m)(\frac{\sqrt{7}}{3}v)^2]$$

$$= \frac{3}{2}mv^2 - \frac{7}{6}mv^2 = \frac{1}{3}mv^2$$

11. 정지해 있던 원자핵이 질량이 m_1, m_2인 두 개의 입자로 분열되었다. 분열 후 각각의 입자의 운동에너지를 E_1, E_2라 할 때, E_1/E_2는 얼마인가? 단, $m_1 = 2m_2$ 이다.

내부 분열이므로 총운동량 보존

$$P_i = 0 = P_f = p_{1f} + p_{2f} \qquad p_{1f} = -p_{2f}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\dfrac{p_{1f}^2}{2m_1}}{\dfrac{p_{2f}^2}{2m_2}} = \frac{m_2 p_{1f}^2}{m_1 p_{2f}^2} = \frac{m_2}{2m_2} = \frac{1}{2} \qquad \left(\because p_{1f}^2 = p_{2f}^2\right)$$

12. 질량이 1.0 kg이고 속력이 20 m/s인 공이 바닥과 탄성충돌하여 바닥면에 대해 45^o의 각도로 튀어나올 때, 이 공이 바닥과 충돌한 시간이 0.1초라면 바닥에 가해진 평균 힘의 크기는 얼마인가?

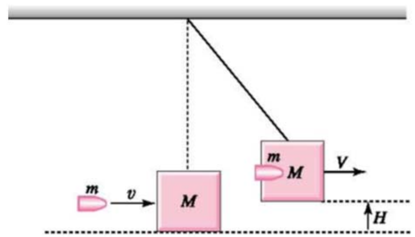
예제 6.9

[주관식 2] (20점) 아래 그림과 같이 공중에 매달린 질량이 M인 나무토막에, 질량이 m인 탄환이 속력 v로 날아와 박힌 채로 한 덩어리로 운동한다고 하자. 이때, 다음 질문에 답하여라. 단, 나무토막의 질량은 탄환질량의 9배, 즉 M = 9m이다.

(가) 탄환이 나무토막에 박힌 직후 나무토막의 속력은 v의 몇 배인가?

(나) 탄환이 박힌 나무토막이 상승하는 최대 높이 H는 얼마인가? 속력 v와 중력가속도 g를 이용하여 나타내어라.

(다) 이러한 충돌 과정에서 '(손실되는 운동에너지)/(충돌 전 운동에너지)'의 값은 얼마인가?



가) 충돌이므로 총운동량 보존

$$P_i = P_f \qquad mv = (M+m)V \qquad \therefore V = \frac{m}{m+M}v = \frac{v}{10}$$

나) 충돌 후 역학적에너지 보존

$$\tfrac{1}{2}(M+m)V^2 + 0 = 0 + (M+m)gH \qquad \therefore H = \frac{V^2}{2g} = \frac{v^2}{200g}$$

다) $E_i = \tfrac{1}{2}mv^2, \quad E_{loss} = E_i - E_f = \tfrac{1}{2}mv^2 - \tfrac{1}{2}(m+M)V^2 = \tfrac{1}{2}mv^2\left(1-\frac{1}{10}\right)$

$$\frac{E_i}{E_f} = \frac{\tfrac{1}{2}mv^2(9/10)}{\tfrac{1}{2}mv^2} = 0.9$$

9. 우주 공간에서 어떤 우주선이 2.0 km/s의 속력으로 움직이고 있다. 이 우주선이 속력을 높이기 위해 질량이 300 kg인 물체를 우주선이 움직이는 방향과 반대방향으로 우주선에 대한 상대속력 1.0 km/s로 분출하였다. 분출 후 우주선의 최종 속력은 몇 km/s인가? 단, 초기에 우주선과 물체의 전체 질량은 800 kg이다.

내부 분열이므로 총운동량 보존

$$P_i = 0 = P_f = p_{1f} + p_{2f} \qquad p_{1f} = -p_{2f}$$

10. 어떤 탄환 하나의 질량은 4.0 g이고 속력은 300 m/s이다. 이 탄환은 1초에 5발씩 발사되어 모두 커다란 나무토막에 박히고 있다. 이 때 나무토막이 받는 평균 힘의 크기는?

예제 6.9

11. 수평면 상에 질량이 m인 물체 A와 질량이 $2m$인 물체 B가 있다. 초기에 물체 A는 정지해 있었고 물체 B는 v의 속력으로 움직이고 있었는데, 물체 B가 물체 A와 충돌하여 함께 붙어 운동하였다. 이때 충돌 과정에서 손실된 에너지를 m과 v를 이용하여 나타내어라.

충돌이므로 운동량 보존

$$P_i = 2mv = P_f = 3mv' \qquad v' = \frac{2}{3}v$$

$$\Delta K = K_i - K_f = \frac{1}{2}(2m)v^2 - \frac{1}{2}(3m)\left(\frac{2}{3}v\right)^2 = \frac{1}{2}mv^2\left(2 - \frac{4}{3}\right) = \frac{1}{3}mv^2$$

[주관식 3] (15점) 아래 그림과 같이 끈의 길이가 l로 같은 두 진자의 끝에 질량이 각각 m, M인 두 물체가 달려 있다. 질량이 m인 물체를 d만큼 높은 위치까지 올렸다가 놓았을 때, 두 물체는 완전 비탄성충돌을 하여 합쳐졌다. 이때 다음 질문에 답하여라. 단, 끈의 질량과 물체의 크기는 무시하고, 중력가속도의 크기는 g로 둔다.

(가) 충돌 직전 질량이 m인 물체의 가속도의 크기를 구하여라.

(나) 충돌 직후 합쳐진 물체의 속력은 얼마인가?

(다) 충돌 후 합쳐진 물체가 올라가는 최대 수직 높이를 구하여라.

가) 에너지 보존법칙

$$U_i = K_f \qquad mgd = \tfrac{1}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{2gd}$$

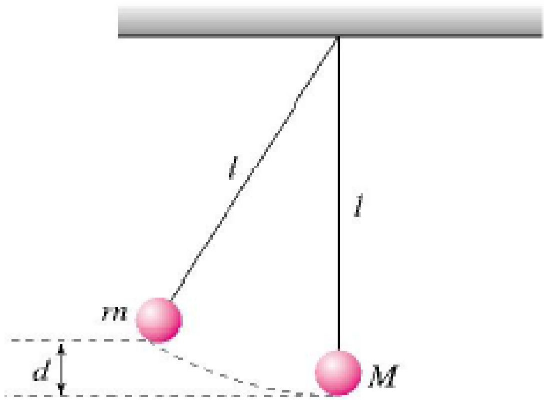
구심가속도 $$a_c = \frac{v^2}{l} = \frac{2gd}{l}$$

나) 운동량 보존법칙

$$mv = (m+M)V \qquad V = \frac{m}{m+M}v = \frac{m}{m+M}\sqrt{2gd}$$

다) 에너지 보존법칙

$$\tfrac{1}{2}(m+M)V^2 = (m+M)gH \qquad H = \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 d$$



두 진자

2013년

9. 바닥에서부터 높이가 20 m인 수직 절벽 위에서 질량이 1.5 kg인 물체를 수평 방향으로 10 m/s의 속력으로 던졌더니, 떨어지는 중간에 물체가 두 개로 갈라져서 떨어졌다. 바닥에 떨어진 뒤 1.0 kg의 질량을 가진 조각이 절벽으로부터 10 m 떨어진 곳에서 찾을 수 있었다. 그렇다면 나머지 조각은 절벽에서 몇 m만큼 떨어진 곳에 있겠는가? (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s² 으로 가정한다.)

예제 6.5

10. 40 m/s의 속력으로 날아오는 질량이 150 g인 공을 야구 글러브로 받았다. 공이 글러브에 힘을 작용하는 시간이 20 ms였다면, 공이 글러브에 작용한 힘의 크기는 얼마인가? 단, 힘의 크기는 일정하다고 가정한다.

운동량 충격량 정리 – 연습문제 6.8

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{(0.15\ \text{kg})(40\ \text{m/s})}{20\times10^{-3}\ \text{s}} = 300\ \text{N}$$

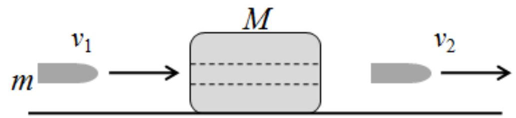
[주관식 3] (15점) 바닥 위에 질량이 M인 물체가 놓여 있다. 이때 질량이 m인 탄환이 속력 v_1으로 날아와 물체를 순간적으로 관통한 후 v_2의 속력으로 지나갔다. 물체와 바닥면 사이의 마찰 계수를 0.5라고 할 때 다음 질문에 답하여라. 단, 관통 전후에 물체의 질량 변화는 없다고 가정한다.

(이 때, $M = 1.0$ kg, $m = 0.04$ kg, $v_1 = 200$ m/s, $v_2 = 100$ m/s이고, 중력가속도의 크기는 10 m/s^{2}이다.)

(가) 충돌 직후 질량이 M인 물체의 속력은 얼마인가?

(나) 충돌 이후 질량이 M인 물체가 바닥면 위를 미끄러진 후에 정지할 때까지 움직인 거리를 구하여라.

(다) 충돌 과정에서 손실된 에너지의 크기를 구하여라.



가) $P_i = P_f \quad mv_1 = mv_2 + MV \quad \therefore V = \dfrac{m}{M}(v_1 - v_2) = 4\ \text{m/s}$

나) 역학적에너지 변화 = 비보존력의 일

$$-fs = -\mu_k Mgs = 0 - \tfrac{1}{2}MV^2 \qquad s = \frac{MV^2}{2\mu_k Mg} = \frac{(4\ \text{m/s})^2}{(2)(0.5)(10\ \text{m/s}^2)} = 1.6\ \text{m}$$

다) 충돌 전, 후 에너지 $K_i = \tfrac{1}{2}mv_1^2 = 800\ \text{J}$

$$K_f = \tfrac{1}{2}mv_2^2 + \tfrac{1}{2}MV^2 = 208\ \text{J} \qquad K_{loss} = K_i - K_f = 592\ \text{J}$$

9. 질량이 m이고, 속력이 v인 공이 그림과 같이 바닥과 탄성 충돌하여 수평면에 대해 θ의 각도로 입사되고 반사될 때, 이공이 바닥과 충돌하여 접촉한 시간을 t 라고 할 때, 바닥에 가한 평균 힘의 크기를 주어진 변수들(m, v, θ, t)로 표현하시오.(중력은 고려하지 않아도 됨)

예제 6.9

10. 높이 h = 80 m에서 수평속력 30 m/s로 날아가는 비행기에서 5 kg의 소포를 떨어뜨렸다. 낙하하는 도중 소포가 2개로 갈라져, 그 중 3 kg의 한 소포를 낙하 시작지점으로부터 80 m에서 찾았다면, 나머지 부분은 어디서 찾을 수 있겠는가? (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s²이며 공기저항은 무시한다.)

갈라지지 않은 경우(질량중심 운동)

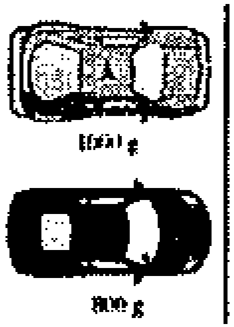
$$h = \tfrac{1}{2} g t^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2(80\ \mathrm{m})}{10\ \mathrm{m/s^2}}} = 4\ \mathrm{s} \qquad D = v_0 t = (30\ \mathrm{m/s})(4\ \mathrm{s}) = 120\ \mathrm{m}\ (\text{질량중심})$$

$$D = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{M} = \frac{(3\ \mathrm{kg})(80\ \mathrm{m}) + (3\ \mathrm{kg}) x_2}{5\ \mathrm{kg}} \qquad x_2 = 180\ \mathrm{m}$$

11. 두 개의 장난감 자동차가 정지상태에서 같이 출발한다. 두 차의 질량은 각각 A = 1.0 kg, B = 0.8 kg이고 모터에의한 추진력(힘)은 같고 일정하다. 차례로 답하시오. (모든 추진력은 자동차의 운동에만 사용되었다.)
출발 후 10 m 앞 결승선에 먼저 도착하는 차는 (2)이며, 결승선에 도착하였을 때 운동량이 큰 차는 (1)이다.

(1) 자동차 A (2) 자동차 B (3) 둘 다 같다.

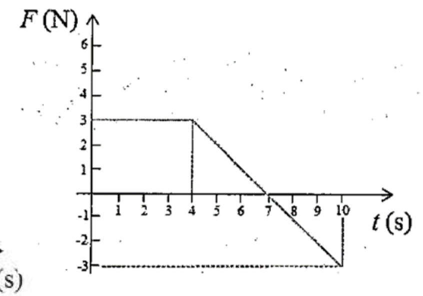
같은 힘을 가할 경우 질량이 작으면 큰 가속도
A : 더 빠른 속도
추진력이 한 일은 두 차가 동일



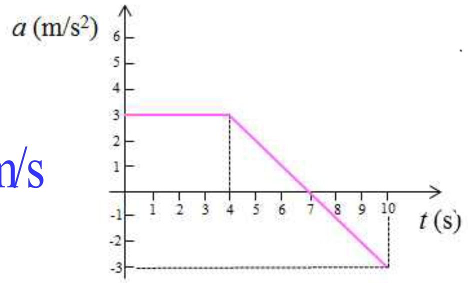
$$W = Fs = \frac{p_1^2}{2m_1} = \frac{p_2^2}{2m_2}$$

$$p_1 = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}\, p_2 \qquad \left(\because \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > 1 \right)$$

[주관식 1] (15점) 정지해 있던 질량 1 kg의 물체에 작용한 힘 F를 시간 t에 따라 나타낸 그래프이다. 다음 질문에 답하여라.
(가) 시간에 따른 가속도의 그래프를 그리고, 최대속력을 가질 때의 시간과 크기를 구하시오.
(나) 물체가 t = 0에서 t = 4 s까지 움직일 동안, 작용하는 힘이 한 일은?
(다) 이 힘으로 인해 물체가 받은 충격량과 최종 운동량을 구하시오.



(가) 힘/질량 = 가속도로 그래프 모양은 동일
가속도 – 시간 그래프의 넓이 = 속도 변화
7 s에서 최대 – 다음은 감소



$$v_{\max} = \left(3\ \mathrm{m/s^2}\right)\left(4\ \mathrm{s}\right) + \tfrac{1}{2}\left(3\ \mathrm{m/s^2}\right)\left(3\ \mathrm{s}\right) = 16.5\ \mathrm{m/s}$$

(나) 4 s동안 등가속도 운동

$$s = \tfrac{1}{2}at^2 = \tfrac{1}{2}\left(3\ \mathrm{m/s^2}\right)\left(4\ \mathrm{s}\right)^2 = 24\ \mathrm{m}$$

$$W = Fs = \left(3\ \mathrm{N}\right)\left(24\ \mathrm{m}\right) = 72\ \mathrm{J}$$

(다) 충격량 = F – t 그래프 넓이

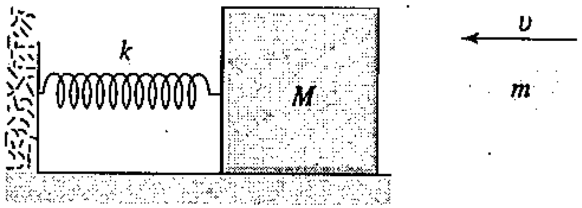
$$J = \left(3\ \mathrm{N}\right)\left(4\ \mathrm{s}\right) = 12\ \mathrm{N \cdot s} = 12\ \mathrm{kg} \cdot m/\mathrm{s}$$ $$p = 12\ \mathrm{kg} \cdot m/\mathrm{s}$$ 운동량 – 충격량 정리

[주관식 3] (10점) 그림과 같이 질량 m인 총알이 용수철에 달려 있는 질량 M인 나무토막에 속도 v로 날아와 박혔다. 용수철 상수는 k이고 용수철 끝은 벽에 고정되어 있으며, 나무토막과 바닥면 사이에 마찰은 무시한다. (여기서, 나무토막의 질량은 총알의 9배이다. 즉 M = 9m)

(가) 충돌 직후, 총알이 박힌 나무토막의 속도는 v의 몇 배인가?

(나) 총알의 질량 m = 0.1 kg, 초기 속도 v = 10 m/s, 용수철 상수 k = 0.1 N/m일 때, 용수철의 최대 압축 거리를 구하여라.

(가) 충돌이므로 운동량 보존 법칙



$$mv = (M+m)v_f = 10mv_f$$

$$v_f = \frac{1}{10}v$$

(나) 충돌 후 역학적 에너지 보존(질량 조심)

$$\frac{1}{2}(M+m)v_f^2 = \frac{1}{2}kx^2 \qquad x = \sqrt{\frac{m+M}{k}}v_f = \sqrt{\frac{1.0\,\text{kg}}{0.1\,\text{N/m}}}(1.0\,\text{m/s}) = \sqrt{10}\,\text{m}$$

11. 정지해 있던 질량이 200u인 원자핵에서 질량이 8u인 작은 덩어리가 속력 v로 튀어나왔다. 원자핵의 운동에너지는 튀어나온 작은 덩어리의 운동에너지의 몇 배인가?

내부 분열이므로 총운동량 보존

$$P_i = 0 = P_f = p_{1f} + p_{2f} \qquad p_{1f} = -p_{2f}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\dfrac{p_{1f}^2}{2m_1}}{\dfrac{p_{2f}^2}{2m_2}} = \frac{m_2 p_{1f}^2}{m_1 p_{2f}^2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{8u}{192u} = \frac{1}{24} \quad \left(\because p_{1f}^2 = p_{2f}^2\right)$$

12. 어떤 탄환 하나의 질량은 10g이며 속력은 100m/s이다. 이 탄환은 1초에 20발로 발사될 수 있다. 이러한 상태로 발사되는 탄환들이 모두 커다란 나무토막에 박히고 있다면 나무토막이 받는 평균 힘의 크기는 몇 N 인가?

총알 한 개당 운동량의 변화

$$\Delta p = 0 - mv = -mv = -(10^{-2}\ \mathrm{kg})(100\ \mathrm{m/s}) = -1\ \mathrm{kg\cdot m/s}$$

$$F_{av} = N\frac{\Delta p}{\Delta t} = (20)\frac{1\ \mathrm{kg\cdot m/s}}{1\ \mathrm{s}} = 20\ \mathrm{N}$$

2015년

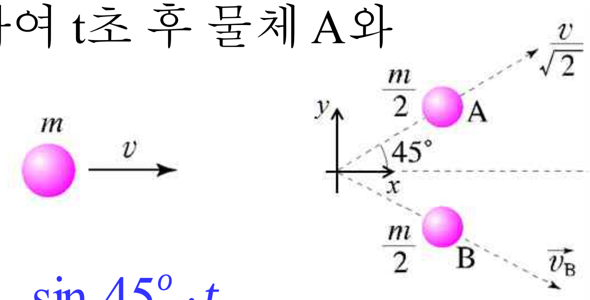
[주관식 2] (20점) 그림과 같이 질량 m 속도 v인 물체가 내부 반응에 의해 어느 순간 질량이 m/2인 둘로 쪼개져서 운동한다. A는 x축과 45^o의 각도로 날아가고 B는 θ의 각도로 운동할 때, 아래 물음에 답하시오. (단, 중력은 무시)

(가) 운동량 보존 법칙을 이용하여 x, y축 운동량 방정식을 구하시오.

(나) B의 속력 v_B을 구하시오.

(다) 물체의 총 운동에너지를 쪼개지기 전과 후를 비교하고 운동 에너지의 변화를 구하시오.

(라) 반응 순간을 시작[t=0일 때, (x_{cm}=0, y_{cm}=0)]으로 하여 t초 후 물체 A와 B의 질량중심의 좌표를 주어진 변수들로 나타내시오.

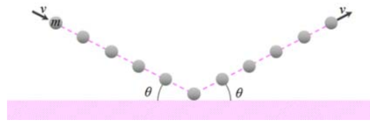


가), 나), 다) 연습문제 6-19

라) $$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B} = \frac{\left(\frac{m}{2}\right)\frac{v}{\sqrt{2}}\sin 45^o \cdot t + \left(\frac{m}{2}\right)v_B \sin 45^o \cdot t}{m} = \frac{mvt}{m} = vt$$

$$y_{CM} = \frac{m_A y_A + m_B y_B}{m_A + m_B} = \frac{\left(\frac{m}{2}\right)\frac{v}{\sqrt{2}}\cos 45^o \cdot t + \left(\frac{m}{2}\right)v_B \cos 45^o \cdot t}{m} = 0$$

9. 초기 속력 v로 날아오는 질량 m인 공이 그림과 같이 바닥과 탄성 충돌하여 수평면에 대해 θ의 각도로 입사되고 반사되었다. 이 공이 바닥과 충돌하여 접촉한 시간을 t 라고 할 때, 바닥에 가해진 평균 힘의 크기를 주어진 변수들(m, v, θ, t)로 표현하시오. (중력은 고려하지 않는다)



예제 6.9

10. 초기속력을 모르는 질량 m_b인 총알이 마찰이 없는 탁자 위에 놓인 두 개의 나무토막을 향해 수평으로 발사되었다. 두 나무토막은 모두 정지해있으며 서로 어느 정도 떨어져 있다. 총알은 질량이 m_1인 첫 번째 나무토막을 뚫고 지나가 질량이 m_2인 두 번째 나무토막에 박혔다. 이 두 나무토막의 나중 속력은 각각 v_1, v_2이다. 첫 번째 나무토막에서 총알 때문에 없어진 부분의 질량을 무시할 때, (a) 총알의 초기속력 v_b와 (b) 첫 번째 나무도막을 떠날 때의 속력 v_b'을 주어진 변수 m_b, m_1, m_2, v_1, v_2로 각각 표현하시오.

두 번째 충돌, 운동량 보존 $m_b v_b' = (m_2 + m_b) v_2$ $\qquad v_b' = \dfrac{m_2 + m_b}{m_b} v_2$

첫 번째 충돌, 운동량 보존 $m_b v_b = m_1 v_1 + m_b v_b'$

$$v_b = \frac{m_1 v_1 + m_b v_b'}{m_b} = \frac{m_1 v_1 + (m_2 + m_b) v_2}{m_b}$$

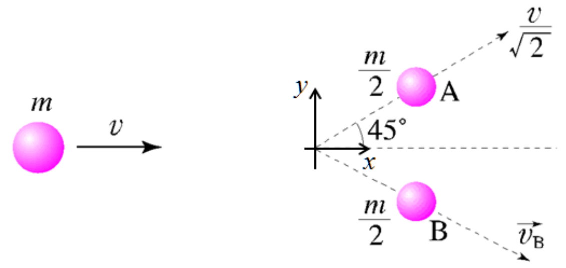
[주관식 3] (15점) 그림과 같이 질량 m, 속도 v인 물체가 내부 반응에 의해 어느 순간 질량이 m/2인 둘로 쪼개져서 운동한다. A는 x축과 45^{o}의 각도로 v’의 속력으로 날아가고 B는 θ의 각도로 운동할 때, 아래 물음에 답하시오. (단, 중력은 무시)

(가) 운동량 보존 법칙을 이용하여 *x*, *y*축 운동량 방정식을 구하고 B의 속력 v_B를 초기 속력 v로 나타내시오.

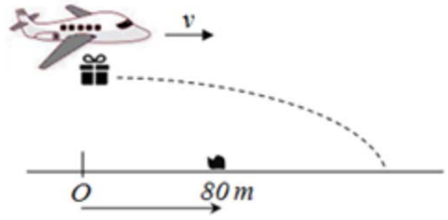
(나) 물체의 총 운동에너지를 쪼개지기 전과 후를 비교하고 운동 에너지의 변화를 주어진 변수(m, *v*)로 구하시오.

(다) 반응 순간을 시작[t=0일 때, (x_{cm}=0, y_{cm}=0)]으로 하여 t초 후 물체 A와 B의 질량중심의 좌표를 주어진 변수들(m, *v*, *t*)로 나타내시오.

2015년 주관식2번



9. 높이 h = 80 m에서 수평속력 30 m/s 로 날아가는 비행기에서 0.5 kg 의 소포를 떨어뜨렸다. 낙하하는 도중 소포가 두 개로 갈라져, 그 중 질량 0.3 kg인 부분을 낙하 시작점 기준으로 수평거리 80 m에서 찾았다면, 나머지 부분의 낙하지점 수평거리를 구하시오. 단위를 포함하시오. (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s^{2}이며 공기저항은 무시한다.)



예제 6.5]

2017년

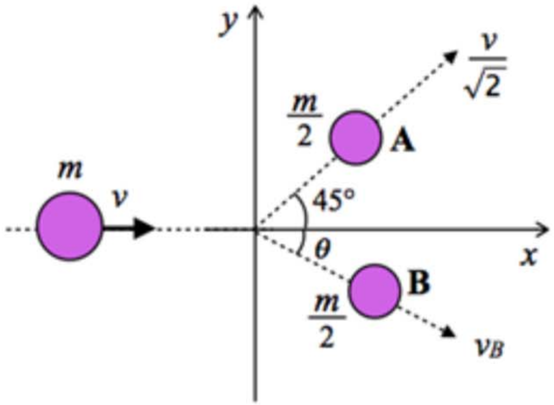
[주관식 3] (15점) 그림과 같이 질량 m, 속도 v인 물체가 내부 반응에 의해 어느 순간 질량이 m/2인 둘로 쪼개져서 운동한다. A는 x축과 45°의 각도로 $v/\sqrt{2}$의 속력으로 날아가고 B는 θ의 각도로 운동할 때, 아래 물음에 답하시오. (단, 중력은 무시)

(가) 운동량 보존 법칙을 이용하여 x, y축 운동량 방정식을 구하고 B의 속력 v_B를 초기 속력 v로 나타내시오.

(나) 물체 B가 수평방향과 이루는 각도 θ를 구하시오.

(다) 물체의 총 운동에너지를 쪼개지기 전과 후를 비교하고 운동 에너지의 변화를 주어진 변수(m, v)로 구하시오.

2015년 주관식2번

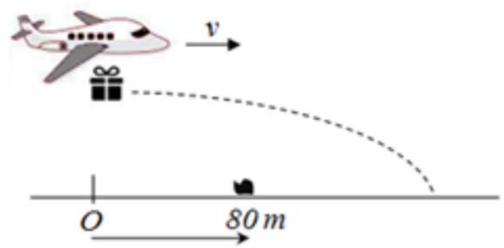


9. 질량이 각각 3.0 kg과 5.0 kg인 두 물체가 16 m 떨어져 있다. 이 두 물체의 질량중심은 질량이 3.0 kg인 물체로부터 몇 m 떨어져 있는지 구하시오.

예제 6.1]

9. 높이 h = 80 m에서 수평속력 30 m/s 로 날아가는 비행기에서 0.5 kg 의 소포를 떨어뜨렸다. 낙하하는 도중 소포가 두 개로 갈라져, 그 중 질량 0.3 kg인 부분을 낙하 시작점 기준으로 수평거리 80 m에서 찾았다면, 나머지 부분의 낙하지점 수평거리를 구하시오. 단위를 포함하시오. (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s^{2}이며 공기저항은 무시한다.)

2017년 9번]



2018년

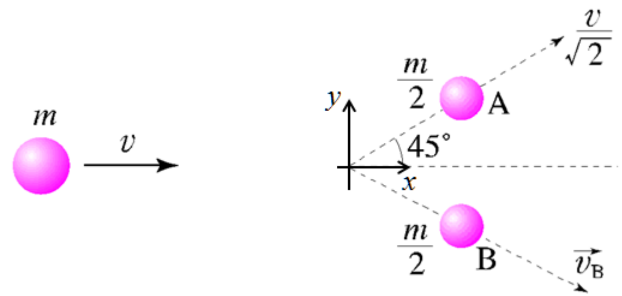
[주관식 2] (15점) 아래 그림과 같이 질량 m, 속도 인 물체가 어느 순간 내부 반응에 의해 질량이 m/2인 둘로 쪼개져서 운동한다. A는 x축과 각도 45^o 방향으로 속력로 $v/\sqrt{2}$날아가고 B는 θ의 각도로 운동할 때, 아래 물음에 답하시오. (단, 중력은 무시)

(가) 운동량 보존 법칙을 이용하여 x, y축 운동량 방정식을 구하고 B의 속력 v_B을 초기 속력 v로 나타내시오.

(나) 쪼개지기 전과 후의 물체의 총 운동에너지를 비교하고 운동 에너지의 차이를 주어진 변수 (m, v)로 구하시오.

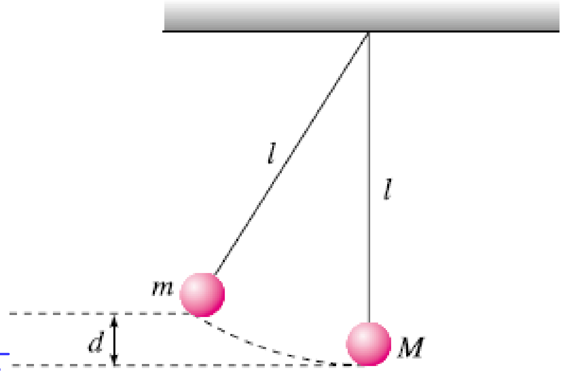
(다) 반응 순간을 시작 [t=0일 때, (x_{CM} = 0, y_{CM} = 0)]으로 하여 t초 후 물체 A와 B의 질량중심의 좌표를 주어진 변수들(m, v, v_B, θ, t)로 나타내고, '(가)'의 결과를 이용하여 x_{CM} = vt, y_{CM} = 0 임을 보이시오.

2015년 주관식2번



2018년

[주관식 3] (10점) 아래 그림과 같이 끈의 길이가 l로 같은 두 진자의 끝에 질량이 각각 *m*, *M*인 두 공이 달려 있다. 질량이 *m*인 공을 *d*만큼 높은 위치까지 들어 올렸다가 놓았을 때, 두 물체는 완전 비탄성 충돌을 하며 합쳐졌다. 이 때 주어진 변수들을 이용하여 다음 질문에 답하시오. 단, 끈의 질량과 물체의 크기는 무시하고, 중력가속도의 크기는 g로 둔다.
(가) 충돌 직 후 합쳐진 물체의 속력 V를 구하시오.
(나) 충돌 후 합쳐진 물체가 올라가는 최대 수직 높이 *H*를 구하시오.



가) 에너지 보존법칙

$$U_i = K_f \qquad mgd = \tfrac{1}{2}mv^2 \qquad v = \sqrt{2gd}$$

구심가속도 $$a_c = \frac{v^2}{l} = \frac{2gd}{l}$$

나) 운동량 보존법칙

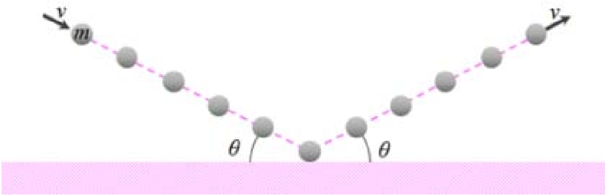
$$mv = (m+M)V \qquad V = \frac{m}{m+M}v = \frac{m}{m+M}\sqrt{2gd}$$

다) 에너지 보존법칙

$$\tfrac{1}{2}(m+M)V^2 = (m+M)gH \qquad H = \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 d$$

7. 초기 속력 v로 날아오는 질량 m인 공이 그림과 같이 바닥과 탄성 충돌하여 수평면에 대해 θ의 각도로 입사되고 반사되었다. 이 공이 바닥과 충돌하여 접촉한 시간을 t 라고 할 때, 바닥에 가해진 평균 힘의 크기를 주어진 변수들(m, v, θ, t)로 표현하시오. (중력은 고려하지 않는다)

예제 6.9



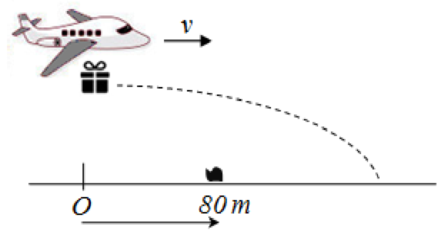
8. 정지해 있던 질량이 200u인 원자핵에서 질량이 8u인 작은 덩어리가 속력 v로 튀어나왔다. 원자핵의 운동에너지는 튀어나온 작은 덩어리의 운동에너지의 몇 배인가?

내부 분열이므로 총운동량 보존

$$P_i = 0 = P_f = p_{1f} + p_{2f} \qquad p_{1f} = -p_{2f}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\dfrac{p_{1f}^2}{2m_1}}{\dfrac{p_{2f}^2}{2m_2}} = \frac{m_2 p_{1f}^2}{m_1 p_{2f}^2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{8u}{192u} = \frac{1}{24} \quad \left(\because p_{1f}^2 = p_{2f}^2\right)$$

11. 높이 h = 80 m에서 수평속력 30 m/s 로 날아가는 비행기에서 5 kg 의 소포를 떨어뜨렸다. 낙하하는 도중 소포가 두 개로 갈라져, 그 중 질량 3 kg인 부분을 낙하 시작점 기준 (O)으로부터 수평거리 80 m에서 찾았다면, 나머지 부분의 낙하시작점으로부터 몇 m 떨어져 있는지 구하시오. (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s²이며 공기저항은 무시한다.)



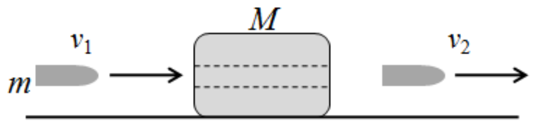
갈라지지 않은 경우(질량중심 운동)

$$h = \tfrac{1}{2}gt^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2(80\text{ m})}{10\text{ m/s}^2}} = 4\text{ s}$$

$$D = v_0 t = (30\text{ m/s})(4\text{ s}) = 120\text{ m} \text{ (질량중심)}$$

$$D = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{M} = \frac{(3\text{ kg})(80\text{ m}) + (3\text{ kg})x_2}{5\text{ kg}} \qquad x_2 = 180\text{ m}$$

[주관식 2] 바닥 위에 질량이 M인 물체가 놓여 있다. 이때 질량이 m인 탄환이 속력 v_1으로 날아와 물체를 순간적으로 관통한 후 v_2의 속력으로 지나갔다. 물체와 바닥면 사이의 마찰 계수를 0.5라고 할 때 다음 질문에 답하여라. 단, 관통 전후에 물체의 질량 변화는 없다고 가정한다.
(이 때, M = 1.0 kg, m = 0.04 kg, v_1 = 200 m/s, v_2 = 100 m/s이고, 중력가속도의 크기는 10 m/s^{2}이다.)
(가) 충돌 직후 질량이 M인 물체의 속력은 얼마인가?
(나) 충돌 이후 질량이 M인 물체가 바닥면 위를 미끄러진 후에 정지할 때까지 움직인 거리를 구하여라.
(다) 충돌 과정에서 손실된 에너지의 크기를 구하여라.



가) $P_i = P_f \quad mv_1 = mv_2 + MV \quad \therefore V = \dfrac{m}{M}(v_1 - v_2) = 4\ \text{m/s}$

나) 역학적에너지 변화 = 비보존력의 일

$$-fs = -\mu_k Mgs = 0 - \tfrac{1}{2}MV^2 \qquad s = \frac{MV^2}{2\mu_k Mg} = \frac{(4\ \text{m/s})^2}{(2)(0.5)(10\ \text{m/s}^2)} = 1.6\ \text{m}$$

다) 충돌 전, 후 에너지 $K_i = \tfrac{1}{2}mv_1^2 = 800\ \text{J}$

$$K_f = \tfrac{1}{2}mv_2^2 + \tfrac{1}{2}MV^2 = 208\ \text{J} \qquad K_{loss} = K_i - K_f = 592\ \text{J}$$