

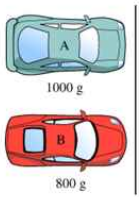
0000 년 00 학기 00 고사		과 목 명	물리학 6장 기출문제 답안지	학 과		학 년		감 독 교 수 확 인	
출 제	공동 출제			학 번					
편 집	송 현 석			성 명					
								점 수	
시험일시	0000. 00. 00	○ ○							

[주의 사항] 1. 계산기는 사용할 수 없습니다.

2. 단위가 필요한 답에는 반드시 SI 체계로 단위를 표기하십시오.

[2014년 1학기 중간고사 11번]

1. 두 개의 장난감 자동차가 정지 상태에서 같이 출발한다. 두 차의 질량은 각각 $A = 1.0\text{ kg}$ 과 $B = 0.8\text{ kg}$ 이고 모터에 의한 추진력(힘)은 같고 일정하다. 차레로 답하십시오. (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.

$$F=ma \Rightarrow F \text{ 가 일정할 때 } \Rightarrow a \sim \frac{1}{m}$$

$$x=x_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}at^2 \Rightarrow t \text{ 가 일정할 때 } \Rightarrow x \sim a \sim \frac{1}{m}$$

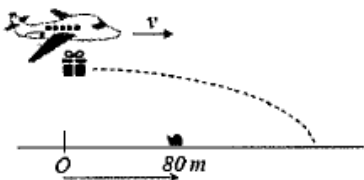
$$\Rightarrow t=\sqrt{\frac{2x}{a}} \Rightarrow x \text{ 가 일정할 때 } \Rightarrow t \sim \frac{1}{\sqrt{a}} \sim \sqrt{m}$$

$$v=v_0+at=at \Rightarrow v \sim at \sim \frac{1}{m} \frac{1}{\sqrt{a}} \sim \frac{1}{m} \sqrt{m} \sim \frac{1}{\sqrt{m}}$$

$$p=mv \Rightarrow p \sim mv \sim m \frac{1}{\sqrt{m}} \sim \sqrt{m}$$

[2014년 1학기 중간고사 10번] - 예제 6.5, 연습문제 6.3 참고

2. 높이 80 m에서 수평속력 30 m/s로 날아가는 비행기에서 5 kg의 소포를 떨어뜨렸다. 낙하 도중 소포가 두 개로 갈라져, 그 중 질량 3 kg의 한 소포를 낙하 시작지점으로부터 80 m 지점에서 찾았다면, 나머지 부분은 어디에서 찾을 수 있겠는가? (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s² 이며, 공기저항은 무시한다.)



$$y=y_0+v_{0y}t+\frac{1}{2}at^2 \Rightarrow 0=h+0-\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x=x_0+v_{0x}t=v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}=30\text{ m/s} \times \sqrt{\frac{2 \times 80\text{ m}}{10\text{ m/s}^2}}=120\text{ m}=x_{cm}$$

$$x_{cm}=\frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2}=\frac{3\text{ kg} \times 80.0\text{ m}+2\text{ kg} \times x_2}{3\text{ kg}+2\text{ kg}}=120\text{ m}$$

$$x_2=\frac{120\text{ m} \times (3\text{ kg}+2\text{ kg})-3\text{ kg} \times 80.0\text{ m}}{2\text{ kg}}=180\text{ m}$$

($x_2 = 180\text{ m}$)

[2013년 1학기 중간고사 9번] - 예제 6.5, 연습문제 6.3 참고

3. 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 조각을 절벽으로부터 10 m 떨어진 곳에서 찾을 수 있었다. 그렇다면 나머지 조각은 절벽에서 몇 m만큼 떨어진 곳에 있겠는가? (단, 중력가속도의 크기는 10 m/s² 이다.)

$$y=y_0+v_{0y}t+\frac{1}{2}at^2$$

$$\Rightarrow 0=h+0-\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x=x_0+v_{0x}t=0+v_{0x}t=v_{0x}t$$

$$\Rightarrow x=v_{0x}t=v_{0x}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$=(10\text{ m/s}) \times \sqrt{\frac{2 \times (20\text{ m})}{(10\text{ m/s}^2)}}=20\text{ m}=x_{cm}$$

$$x_{cm}=\frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2}=\frac{1\text{ kg} \times 10.0\text{ m}+0.5\text{ kg} \times x_2}{1\text{ kg}+0.5\text{ kg}}=20\text{ m}$$

$$x_2=\frac{20\text{ m} \times (1\text{ kg}+0.5\text{ kg})-1\text{ kg} \times 10.0\text{ m}}{0.5\text{ kg}}=40\text{ m}$$

($x_2 = 40\text{ m}$)

[2011년 1학기 중간고사 11번] - 예제 6.6, 6.10 참고

4. 정지해 있던 원자핵이 질량이 m_1 , m_2 인 두 개의 입자로 분열되었다. 분열 후 각각의 입자의 운동에너지를 K_1 , K_2 라 할 때, K_1/K_2 는 얼마인가?
단, $m_1 = 2m_2$ 이다.

$$0=m_1v_1+m_2v_2 \Rightarrow m_1v_1=-m_2v_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2}=-\frac{m_2}{m_1}$$

$$\Rightarrow \frac{K_1}{K_2}=\frac{\frac{1}{2}m_1v_1^2}{\frac{1}{2}m_2v_2^2}=\frac{m_1v_1^2}{m_2v_2^2}=\frac{m_1}{m_2}\left(-\frac{m_2}{m_1}\right)^2=\frac{m_2}{m_1}=\frac{m_2}{2m_2}=\frac{1}{2}=0.5$$

($\frac{K_1}{K_2} = 0.5$)

[2007년 1학기 중간고사 10번] - 예제 6.6, 6.10 참고

5. 정지해 있던 질량이 100 인 원자핵에서 질량이 4인 덩어리가 속도 v 로 튀어나왔다. 원자핵의 운동에너지는 튀어나온 덩어리의 운동에너지의 몇 배인가?

$$0=m_1v_1+m_2v_2 \Rightarrow m_1v_1=-m_2v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1}=-\frac{m_1}{m_2}$$

$$\Rightarrow \frac{K_2}{K_1}=\frac{\frac{1}{2}m_2v_2^2}{\frac{1}{2}m_1v_1^2}=\frac{m_2v_2^2}{m_1v_1^2}=\frac{m_2}{m_1}\left(-\frac{m_1}{m_2}\right)^2=\frac{m_1}{m_2}=\frac{4}{100-4}=\frac{4}{96}=\frac{1}{24}$$

($\frac{K_2}{K_1} = \frac{1}{24}$)

[2012년 1학기 중간고사 9번, 2008년 1학기 중간고사 12번] - 예제 6.7 참고

6. 우주 공간에서 어떤 우주선이 2.0 km/s 의 속력으로 움직이고 있다. 이 우주선이 속력을 높이기 위해 질량이 300 kg 인 물체를 우주선이 움직이는 방향과 반대방향으로 우주선에 대한 상대속력 1.0 km/s 로 분출하였다. 분출 후 우주선의 최종 속력은 몇 km/s 인가? (단, 초기에 우주선과 물체의 전체 질량은 800 kg 이었다.) ($v_m = v_M - v_{rel}$)
- $$(M+m)v_M = M(v_M + \Delta v_M) + m(v_M - v_{rel})$$
- $$\Rightarrow 0 = M\Delta v_M - mv_{rel} \Rightarrow \Delta v_M = \frac{m}{M} v_{rel}$$
- $$v_M + \Delta v_M = v_M + \frac{m}{M} v_{rel} = 2.0 \text{ km/s} + \frac{300 \text{ kg}}{500 \text{ kg}} \times 1.0 \text{ km/s} = 2.6 \text{ km/s}$$
- $$(v_M + \Delta v_M = 2.6 \text{ km/s})$$

[2013년 1학기 중간고사 10번] - 예제 6.9, 연습문제 6.5, 6.8, 6.10 참고

7. 40 m/s 의 속력으로 날아오는 질량이 150 g 인 공을 야구 글러브로 받았다. 공이 글러브에 힘을 작용하는 시간이 20 ms 였다면, 공이 글러브에 작용한 평균 힘의 크기는 얼마인가? 단, 힘의 크기는 일정하다고 가정한다.
- $$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$$
- $$\Rightarrow \vec{F} = \frac{\vec{J}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{mv}{\Delta t} = \frac{(0.15 \text{ kg}) \times (40 \text{ m/s})}{0.02 \text{ s}} = 300 \text{ N}$$
- $$(\vec{F} = 300 \text{ N})$$

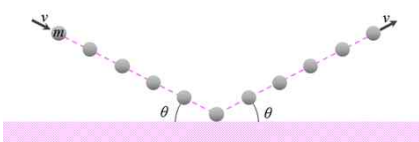
[2012년 1학기 중간고사 10번] - 예제 6.9, 연습문제 6.5, 6.8, 6.10 참고

8. 어떤 탄환 하나의 질량은 4.0 g 이고 속력은 300 m/s 이다. 이 탄환은 1초에 5발씩 발사되어 모두 커다란 나무토막에 박히고 있다. 이때 나무토막이 받는 평균 힘의 크기는?
- $$\Delta p_{\text{탄환}} = p_f - p_i = 0 - mv = -mv = -(0.004 \text{ kg}) \times (300 \text{ m/s}) = -1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$
- $$\vec{F}_{\text{탄환}} = \frac{5 \times \Delta p_{\text{탄환}}}{\Delta t} = \frac{5 \times (-mv)}{1 \text{ s}} = \frac{5 \times (-1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s})}{1 \text{ s}} = -6 \text{ N}$$
- $$\vec{F}_{\text{나무}} = -\vec{F}_{\text{탄환}} = -(-6 \text{ N}) = 6 \text{ N} \quad (\vec{F}_{\text{나무}} = 6 \text{ N})$$

[2014년 1학기 중간고사 9번] - 예제 6.9, 연습문제 6.15 참고

[2008년 1학기 중간고사 7번]

9. 질량이 m 이고, 속력이 v 인 공이 그림과 같이 바닥과 탄성 충돌하여 수평면에 대해 θ 의 각도로 입사되고 반사될 때, 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 않아도 됨)



$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$J_x = \Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = m(v_{fx} - v_{ix}) = m(v \cos \theta - v \cos \theta) = 0$$

$$J_y = \Delta p_y = p_{fy} - p_{iy} = m(v_{fy} - v_{iy}) = m(v \sin \theta + v \sin \theta) = 2mv \sin \theta$$

$$\vec{F} = \frac{\vec{J}}{t} = \frac{\Delta \vec{p}}{t} = \frac{2mv \sin \theta}{t} \quad (\vec{F} = \frac{2mv \sin \theta}{t})$$

[2011년 1학기 중간고사 12번] - 예제 6.9, 연습문제 6.15 참고

10. 질량이 1.0 kg 이고 속력이 20 m/s 인 공이 바닥과 탄성충돌 하여 바닥 면에 대해 45° 의 각도로 튀어나올 때, 이 공이 바닥과 충돌한 시간이 0.1 s 라면 바닥에 가해진 평균 힘의 크기는 얼마인가?
- $$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$
- $$J_x = \Delta p_x = p_{fx} - p_{ix} = m(v_{fx} - v_{ix}) = m(v \cos \theta - v \cos \theta) = 0$$
- $$J_y = \Delta p_y = p_{fy} - p_{iy} = m(v_{fy} - v_{iy}) = m(v \sin \theta + v \sin \theta) = 2mv \sin \theta$$
- $$\vec{F} = \frac{\vec{J}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{2mv \sin \theta}{\Delta t} = \frac{2 \times (1.0 \text{ kg}) \times (20 \text{ m/s}) \times \sin 45^\circ}{(0.1 \text{ s})}$$
- $$= 200 \sqrt{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 200 \sqrt{2} \text{ N} \quad (\vec{F} = 200 \sqrt{2} \text{ N})$$

[2012년 1학기 중간고사 11번] - 예제 6.10, 6.14 연습문제 6.11 참고

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

$$p_i = p_f \Rightarrow 0 + 2mv = 3mv' \Rightarrow v' = \frac{2}{3}v$$

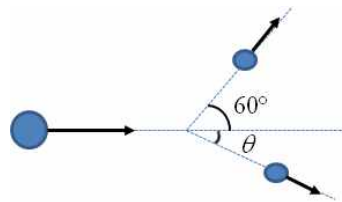
$$\Delta K = K_f - K_i = \frac{1}{2}(3m)v'^2 - \frac{1}{2}(2m)v^2 = \frac{1}{2}(3m)\left(\frac{2}{3}v\right)^2 - \frac{1}{2}(2m)v^2$$

$$= \frac{2}{3}mv^2 - mv^2 = -\frac{1}{3}mv^2 \quad (-\text{부호는 손실})$$

$$(K_{\text{손실}} = \frac{1}{3}mv^2)$$

[2009년 1학기 중간고사 5번] - 예제 6.14, 연습문제 6.19, 6.20 참고

12. 질량 m 인 물체가 v 로 날아가다가 내부 화학작용으로 그림처럼 동일한 질량 두 개로 분해되었다. 그 중 윗부분의 속력이 $v/2$ 일 때 아래 부분의 속력 v' 을 구하라. (중력에 의한 효과는 무시하라.)



< x 방향 >

$$mv = \frac{m}{2} \frac{v}{2} \cos 60^\circ + \frac{m}{2} v' \cos \theta$$

$$mv = \frac{m}{2} \frac{v}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{m}{2} v' \cos \theta$$

$$v = \frac{1}{8}v + \frac{1}{2}v' \cos \theta$$

$$\frac{1}{2}v' \cos \theta = v - \frac{1}{8}v = \frac{7}{8}v$$

$$v' \cos \theta = \frac{7}{4}v$$

< y 방향 >

$$0 = \frac{m}{2} \frac{v}{2} \sin 60^\circ - \frac{m}{2} v' \sin \theta$$

$$0 = \frac{m}{2} \frac{v}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{m}{2} v' \sin \theta$$

$$0 = \frac{\sqrt{3}}{8}v - \frac{1}{2}v' \sin \theta$$

$$\frac{1}{2}v' \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{8}v$$

$$v' \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{4}v$$

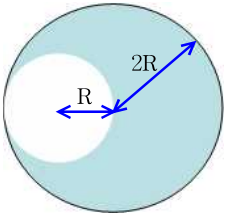
$$v' = \sqrt{(v' \cos \theta)^2 + (v' \sin \theta)^2} = \sqrt{\left(\frac{7}{4}v\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{4}v\right)^2} = \sqrt{\frac{49}{16}v^2 + \frac{3}{16}v^2}$$

$$= \sqrt{\frac{52}{16}v^2} = \sqrt{\frac{13}{4}v^2} = \frac{\sqrt{13}}{2}v \quad (v' = \frac{\sqrt{13}}{2}v)$$

<윗 면에 단답형 문제 더 있음.>

[2008년 1학기 중간고사 1번] - 예제 6.1, 6.3, 6.4 참고

13. 아래 그림과 같이 반지름이 $2R$ 인 금속 원판에서 반지름이 R 인 금속 원판을 제거하였다. 나머지 물체의 질량중심에서 반지름 $2R$ 인 원판 중심까지의 거리를 구하여라.



$$(m_{2R} = \rho V_{2R}) \quad (m_R = \rho V_R)$$

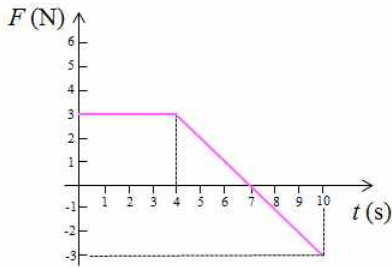
$$\begin{aligned} x_{\text{나머지}} &= \frac{m_{2R} x_{2R} - m_R x_R}{m_{2R} - m_R} = \frac{-m_R (-R)}{m_{2R} - m_R} = \frac{m_R R}{m_{2R} - m_R} \\ &= \frac{\rho V_R R}{\rho V_{2R} - \rho V_R} = \frac{V_R R}{V_{2R} - V_R} = \frac{(\pi R^2) R}{4\pi R^2 - \pi R^2} = \frac{R}{4-1} = \frac{R}{3} \\ &\quad \left(x_{\text{나머지}} = \frac{R}{3} \right) \end{aligned}$$

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2014년 1학기 중간고사 주관식 1번] - 연습문제 5.9, 5.10, 6.9 참고

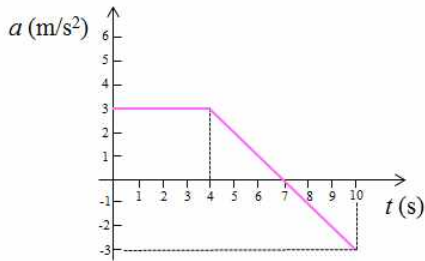
[주관식 1] [15점]

정지해 있던 질량 1 kg 의 물체에 작용한 힘(F)을 시간(t)에 따라 나타낸 그래프이다. 아래 물음에 답하시오. (단, 물체는 직선운동만 한다.)



(1) 시간에 따른 가속도 그래프를 그리고, 최대속력을 가질 때의 시간과 크기를 구하시오. [6점]

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} \Rightarrow m = \text{상수} \Rightarrow a \sim F$$



$v(t) = v_0 + \int_0^t a dt$ 이므로 $\frac{dv(t)}{dt} = a = 0$ 을 만족하는 순간인 $t = 7\text{ s}$ 일 때

$$\begin{aligned} \text{최대속력 } v_{\max}(t = 7\text{ s}) &= v_0 + \int_0^{7\text{ s}} a dt = 0 + \int_0^{7\text{ s}} a dt = \int_0^{7\text{ s}} a dt \\ &= (3\text{ m/s}^2 \times 4\text{ s}) + \frac{1}{2}(3\text{ m/s}^2 \times 3\text{ s}) = 16.5\text{ m/s} \\ &= 16.5\text{ m/s} \text{ 을 갖는다.} \end{aligned}$$

(2) 물체가 $t = 0\text{ s}$ 에서 $t = 4\text{ s}$ 까지 움직일 동안, 작용하는 힘이 한 일은? [4점]

물체가 $t = 0\text{ s}$ 에서 $t = 4\text{ s}$ 까지 움직일 동안, 물체는 등가속도 운동을 하므로, 이동거리는 $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} (3\text{ m/s}^2) (4\text{ s})^2 = 24\text{ m}$ 이고, 그 동안 힘이 한 일은 $W = Fx = 3\text{ N} \times 24\text{ m} = 72\text{ N} \cdot \text{m} = 72\text{ J}$ 이다.

(3) 이 힘으로 인해 물체가 받은 충격량의 크기와 최종 운동량을 구하시오. [5점]

$$J = \int_0^{4\text{ s}} F dt \text{ 이므로}$$

$$\text{충격량은 } J = \int_0^{4\text{ s}} F dt = 3\text{ N} \times 4\text{ s} = 12\text{ N} \cdot \text{s} = 12\text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ 이고,}$$

$$J = \Delta p = p_f - p_i = p_f - 0 \text{ 이므로}$$

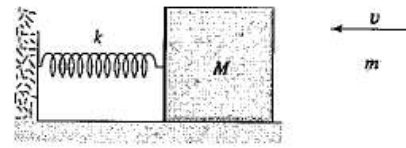
$$\text{최종 운동량 } p_f = J = 12\text{ N} \cdot \text{s} = 12\text{ kg} \cdot \text{m/s} \text{ 이다.}$$

[2014년 1학기 중간고사 주관식 3번] - 연습문제 6.16 참고

[2008년 1학기 중간고사 단답형 8번]

[주관식 2] [10점]

그림과 같이 질량 m 인 총알이 용수철에 달려 있는 질량 M 인 나무토막에 속도 v 로 날아와 박혔다. 용수철 상수는 k 이고 용수철 끝은 벽에 고정되어 있으며, 나무토막과 바닥면 사이의 마찰은 무시한다. (여기서, $M = 9m$ 이다.)



(1) 총돌 직후, 총알이 박힌 나무토막의 속도는 v 의 몇 배인가? [5점]

$$mv = (M + m)V = (9m + m)V = 10mV \Rightarrow V = \frac{mv}{10m} = \frac{1}{10}v$$

(2) 총알의 질량은 $m = 0.1\text{ kg}$, 초기 속도는 $v = 10\text{ m/s}$, 용수철의 상수는 $k = 0.1\text{ N/m}$ 일 때 용수철의 최대 압축거리를 구하여라. [5점]

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(M + m)V^2 &= \frac{1}{2}(9m + m)V^2 = 5mV^2 = \frac{1}{2}kx_{\max}^2 \\ \Rightarrow x_{\max} &= \sqrt{\frac{10mV^2}{k}} = \sqrt{\frac{10m\left(\frac{1}{10}v\right)^2}{k}} = \sqrt{\frac{mv^2}{10k}} \\ &= \sqrt{\frac{(0.1\text{ kg}) \times (10\text{ m/s})^2}{10 \times (0.1\text{ N/m})}} = \sqrt{10}\text{ m} \end{aligned}$$

[2010년 1학기 중간고사 주관식 2번] - 예제 6.14, 연습문제 6.19, 6.20 참고

[2060년 1학기 중간고사 주관식 2번]

[주관식 3] [20점]

그림과 같이 질량이 각각 $2m$, m 인 두 물체가 속도 v 로 서로 60° 의 각을 이루며 날아와서 충돌한 후, 한 덩어리가 되어 운동한다.

(1) 중력을 무시할 때, 충돌 후 질량이 $3m$ 인 물체의 속력은 얼마인가? [10점]

$$x\text{-축: } 2mv + mv \cos 60^\circ = 3mV_x \Rightarrow V_x = \frac{5}{6}v$$

$$y\text{-축: } mv \sin 60^\circ = 3mV_y \Rightarrow V_y = \frac{\sqrt{3}}{6}v$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{\left(\frac{5}{6}v\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{6}v\right)^2} = \frac{\sqrt{7}}{3}v$$

(2) 충돌에 의한 에너지 손실은 얼마인가? [10점]

$$\begin{aligned} \Delta K &= K_f - K_i = \frac{1}{2}(3m)\left(\frac{\sqrt{7}}{3}v\right)^2 - \left\{\frac{1}{2}(2m)v^2 + \frac{1}{2}mv^2\right\} \\ &= \frac{7}{6}mv^2 - \frac{3}{2}mv^2 = -\frac{1}{3}mv^2 \end{aligned}$$

(- 부호는 손실을 의미)

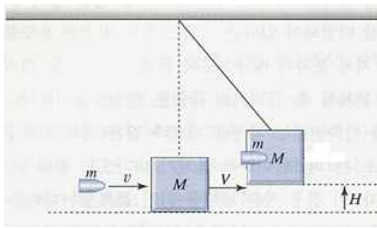
<뒷 면에 주관식 문제 더 있음.>

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2011년 1학기 중간고사 주관식 2번] - 예제 6.11 참고

[주관식 4] [10점]

아래의 그림과 같이 공중에 매달린 질량이 M 인 나무토막에 질량이 m 인 탄환이 속력 v 로 날아와 박힌 채로 한 덩어리로 운동한다고 하자. 이때, 다음 질문에 답하여라. 단, 나무토막의 질량은 탄환의 질량의 9배, 즉 $M=9m$ 이다.



(1) 탄환이 나무토막에 박힌 직후 나무토막의 속력은 v 의 몇 배인가? [6점]

$$mv = (M+m)V \Rightarrow V = \frac{m}{(M+m)}v = \frac{m}{(9m+m)}v = \frac{1}{10}v$$

(2) 탄환이 박힌 나무토막이 상승하는 최대 높이 H 는 얼마인가? 속력 v 와 중력 가속도 g 를 이용하여 나타내어라. [7점]

$$(M+m)gH = \frac{1}{2}(M+m)V^2 \Rightarrow H = \frac{V^2}{2g} = \frac{\left(\frac{1}{10}v\right)^2}{2g} = \frac{1}{200} \frac{v^2}{g}$$

(3) 이러한 충돌 과정에서 '(손실되는 운동에너지)/(충돌 전 운동에너지)'의 값은 얼마인가? [7점]

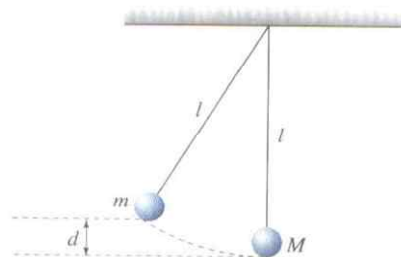
$$\begin{aligned} \frac{K_i - K_f}{K_i} &= \frac{\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}(M+m)V^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}(10m)\left(\frac{1}{10}v\right)^2}{\frac{1}{2}mv^2} \\ &= \frac{\frac{1}{2}mv^2\left(1 - \frac{1}{10}\right)}{\frac{1}{2}mv^2} = 1 - \frac{1}{10} = \frac{9}{10} \end{aligned}$$

[2012년 1학기 중간고사 주관식 3번] - 예제 6.12, 연습문제 6.23 참고

[2007년 1학기 중간고사 단답형 8번, 9번]

[주관식 5] [15점]

아래 그림과 같이 끈의 길이가 l 로 같은 두 진자의 끝에 질량이 각각 m 과 M 인 두 물체가 매달려 있다. 질량이 m 인 물체를 d 만큼 높은 위치까지 올렸다가 놓았을 때, 두 물체는 완전 비탄성충돌 하며 합쳐졌다. 이때, 다음 질문에 답하여라. 단, 끈의 질량과 물체의 크기는 무시하고, 중력가속도의 크기는 g 로 둔다.



(1) 충돌 직전 질량이 m 인 물체의 가속도의 크기를 구하여라. [6점]

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

$$a_t = 0 \text{ 이므로 } a = \sqrt{a_c^2 + a_t^2} = a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{v^2}{l} = \frac{2gd}{l}$$

(2) 충돌 직후 합쳐진 물체의 속력은 얼마인가? [5점]

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

(3) 충돌 후 합쳐진 물체가 올라가는 최대 수직 높이를 구하여라. [4점]

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(m+M)V^2 &= (m+M)gH \\ \Rightarrow H &= \frac{V^2}{2g} = \frac{m^2}{(m+M)^2}2gd \frac{1}{2g} = \left(\frac{m}{m+M}\right)^2 d \end{aligned}$$

[2013년 1학기 중간고사 주관식 3번] - 연습문제 6.16 참고

[2010년 1학기 중간고사 단답형 11번]

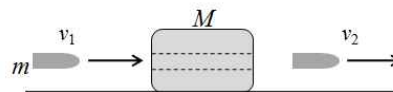
[주관식 6] [15점]

바닥 위에 질량이 M 인 물체가 놓여 있다. 이때 질량이 m 인 탄환이 속력 v_1 으로 날아와 물체를 순간적으로 관통한 후 v_2 의 속력으로 지나갔다.

물체와 바닥면 사이의 마찰 계수를 0.5 라고 할 때, 다음 질문에 답하여라.

단, 관통 전·후에 물체의 질량 변화는 없다고 가정한다.

(이때, $M=1.0\text{ kg}$, $m=0.04\text{ kg}$, $v_1=200\text{ m/s}$, $v_2=100\text{ m/s}$ 이고, 중력 가속도의 크기는 10 m/s^2 이다.)



(1) 충돌 직후 질량이 M 인 물체의 속력은 얼마인가? [5점]

$$mv_1 = MV + mv_2$$

$$\Rightarrow V = \frac{m(v_1 - v_2)}{M} = \frac{(0.04\text{ kg}) \times \{(200\text{ m/s}) - (100\text{ m/s})\}}{1.0\text{ kg}} = 4\text{ m/s}$$

(2) 충돌 이후 질량이 M 인 물체가 바닥면 위를 미끄러진 후에 정지할 때까지 움직인 거리를 구하여라. [5점]

$$W_{f_k} = \vec{f}_k \cdot \vec{x} = f_k x \cos 0^\circ = f_k x = \mu_k N x = \mu_k M g x = \frac{1}{2} M V^2 = \Delta K_M$$

$$\Rightarrow x = \frac{M V^2}{2 \mu_k M g} = \frac{V^2}{2 \mu_k g} = \frac{(4\text{ m/s})^2}{2 \times (0.5) \times (10\text{ m/s}^2)} = 1.6\text{ m}$$

(3) 충돌 과정에서 손실된 에너지의 크기를 구하여라. [5점]

$$\begin{aligned} \Delta K &= K_f - K_i = (K_{fM} + K_{fm}) - K_{im} = \left(\frac{1}{2} M V^2 + \frac{1}{2} m v_2^2\right) - \frac{1}{2} m v_1^2 \\ &= \left\{\frac{1}{2}(1.0\text{ kg})(4\text{ m/s})^2 + \frac{1}{2}(0.04\text{ kg})(100\text{ m/s})^2\right\} - \frac{1}{2}(0.04\text{ kg})(200\text{ m/s})^2 \\ &= (8\text{ J} + 200\text{ J}) - 800\text{ J} = 208\text{ J} - 800\text{ J} = -592\text{ J} \end{aligned}$$

<뒷 면에 주관식 문제 더 있음.>

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2010년 1학기 중간고사 주관식 1번] - 연습문제 5.10 참고

[주관식 7] [20점]

질량이 2 kg 인 물체에 어떤 힘을 가했더니 시간에 따른 위치의 변화가 다음과 같이 주어졌다. $x = 5t - 3t^2 + t^3$ 여기서 x 의 단위는 m 이고, t 의 단위는 s 이다. 이때, 다음 물음에 답하여라.

(1) 처음 5 s 동안에 (즉, $t = 0\text{ s}$ 에서 $t = 5\text{ s}$ 까지) 이 물체의 평균 속력을 구하여라. [4점]

$$\Delta x = x_{t=5s} - x_{t=0s} = (5 \times 5 - 3 \times 5^2 + 5^3) - (0) = 75\text{ m}$$

$$\text{평균속력} = \frac{\text{이동거리}}{\text{시간}} = \frac{75\text{ m}}{5\text{ s}} = 15\text{ m/s}$$

(2) 처음 5 s 동안에 이 물체가 가한 힘이 한 일을 구하여라. [10점]

$$v = \frac{dx}{dt} = 5 - 6t + 3t^2 \quad v_{t=0s} = 5\text{ m/s} \quad v_{t=5s} = 50\text{ m/s}$$

$$W = \Delta K = K_{t=5s} - K_{t=0s} = \frac{1}{2} \times (2\text{ kg}) \times \{(50\text{ m/s})^2 - (5\text{ m/s})^2\} \\ = 2500\text{ J} - 25\text{ J} = 2475\text{ J}$$

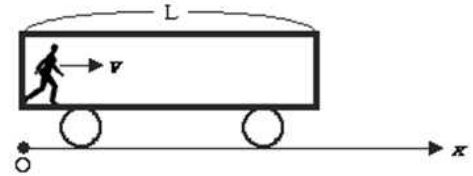
(3) 처음 5 s 동안에 이 물체에 가해진 충격량의 크기를 구하여라. [6점]

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i) \\ = (2\text{ kg}) \times \{(50\text{ m/s}) - (5\text{ m/s})\} = 90\text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

[2007년 1학기 중간고사 주관식 2번] - 예제 6.13 참고

[주관식 8] [20점]

아래 그림과 같이 길이가 L 인 열차의 왼쪽 벽 끝($x = 0\text{ m}$ 위치)에 질량이 m 인 철수가 서있다. 철수와 열차는 모두 정지해 있다. 이제, 철수가 열차의 오른쪽 벽으로 이동한다. 열차의 질량이 M 이고 열차와 선로 사이에는 마찰이 없다. 다음 질문들에 답하여라.



(1) 철수가 열차의 왼쪽 벽 끝에 서 있을 때(즉, 철수의 위치가 $x = 0\text{ m}$ 일 때) 기차와 철수를 합한 전체 계의 질량중심의 좌표 x 를 구하여라. [3점]

$$x_m = 0, \quad x_M = \frac{L}{2}$$

$$x_{cm} = \frac{mx_m + Mx_M}{m + M} = \frac{(m \times 0) + (M \times \frac{L}{2})}{m + M} = \frac{\frac{ML}{2}}{m + M} = \frac{ML}{2(m + M)}$$

(2) 초기에 정지해 있던 철수가 속력 v 로 움직일 때 기차와 철수를 합한 전체의 선운동량은 얼마인가? (단, 이 경우 철수의 속력 v 는 외부에 정지한 관측자가 본 속력이다.) [4점]

<운동량 보존 법칙>

- 처음에 철수와 열차 모두 정지해 있었으므로 전체 계의 운동량 $P_i = 0$ 이었다.

$$\Sigma F_{\text{외력}} = \frac{dP}{dt} = 0 \Rightarrow P = \text{일정} \Rightarrow P_f = P_i = 0$$

(3) 철수가 속력 v 로 움직이는 동안 기차가 움직이는 속력은 얼마인가? [3점]

$$P_f = P_i \Rightarrow mv - MV = 0 \Rightarrow V = \frac{m}{M}v$$

(4) 철수가 열차의 오른쪽 벽 끝까지 갔을 때 기차와 철수를 합한 전체 계의 질량중심의 x 좌표는 얼마이어야 하는가? [4점]

$$\Sigma F_{\text{외력}} = \frac{dP}{dt} = 0 \Rightarrow v_{cm} = 0 \Rightarrow x_{cm} = \frac{ML}{2(m + M)}$$

외력이 없어서 질량중심은 이동하지 않으므로 처음과 같다.

(5) 철수가 이동하는 동안 열차도 움직였다면, 철수가 열차의 오른쪽 벽 끝까지 갔을 때 기차가 움직인 거리는 얼마인가? [6점]

열차가 이동한 거리를 s 라고 하면

$$x_{cm} = \frac{mx_m + Mx_M}{m + M} = \frac{m(L - s) + M\left(\frac{L}{2} - s\right)}{m + M} = \frac{ML}{2(m + M)}$$

$$\Rightarrow m(L - s) + M\left(\frac{L}{2} - s\right) = \frac{ML}{2} \Rightarrow mL - ms - Ms = 0$$

$$\Rightarrow (m + M)s = mL \Rightarrow s = \frac{mL}{(m + M)}$$

<수고하셨습니다.>