4장 정답 및 풀이

문제 정답

문제 4-1 $7.5[m/s]$
문제 4-2 $E_{lost} = K_i - K_f = 19.7[J]$

문제 풀이

문제 4-1 초기 속도가 x 방향이라고 가정하라. 다가오는 공의 초기 운동량은 $\overrightarrow{p_{1,in}} = m\vec{v} = 3 \times 20\hat{i} = 60\hat{i}$이다. 정지한 공의 초기 운동량은 0이다. 충돌 후 운동량은 $\overrightarrow{p_{out}} = \overrightarrow{P_{1,in}} + \overrightarrow{P_{2,in}} = 60\hat{i} + 0 = 60\hat{i}$이다. 두 공은 충돌 후 함께 붙으므로 총 질량은 $M = 3 + 5 = 8[g]$이다. 최종 속도는 $\overrightarrow{v_{out}} = \overrightarrow{P_{out}}/M = \frac{1}{8}(60,0) = (7.5,0)[m/s]$이다.

문제 4-2 잃어버린 에너지는 운동 에너지이다. 플라스틱 원반을 잡기 전에 그것은 운동 에너지 $K_i = \frac{1}{2}mv^2 = 19.7[J]$을 갖는다. 손으로 원반을 붙잡은 후, 원반은 $K_f = 0$이다. 공을 붙잡기 전과 후의 K의 변화는 $K_f - K_i = -19.7[J]$이므로 $E_{lost} = 19.7[J]$이다.

4장 연습문제 정답

4.1 (a) (i) $v_y(t) = v_{iy}t - \frac{1}{2}gt^2$, (ii) $v_y(t) = -v_{iy}t + \frac{1}{2}gt^2$이다.

여기서 $v_{iy} = \| \overrightarrow{v_i} \| \sin\theta$이다.

(b) 고양이는 풍선의 물을 뒤집어쓴다!

4.2 풀이 참고
4.3 입자들은 같은 운동량을 갖는다. 첫 번째 입자는 두 번째 입자의 운동 에너지의 두 배이다.
4.4 (a) $\overrightarrow{v_B} = \vec{v}$ (b) $\overrightarrow{v_B} = 3\vec{v}$ (c) $\overrightarrow{v_B} = 2\vec{v}$
4.5 위치 1에서, 오직 K(운동 에너지)만 존재한다. 위치 2에서 K, U_s, U_g가 존재한다.
4.6 공은 지구와 달에서 같은 속도를 가질 것이다.
4.7 공은 지구에서 더 빠른 속도를 가질 것이다.
4.8 M의 돌림힘은 0이다. 막대기의 각속도는 ω를 유지할 것이다.
4.9 $\| \overrightarrow{N_{bottom}} \| > \| \overrightarrow{N_{top}} \|$
4.10 공이 땅에 떨어질 때, 같은 속도를 가질 것이다.
4.11 세 진자의 끈이 같은 길이 ℓ을 가지기 때문에, 같은 주기 $T_1 = T_2 = T_3$이다.
4.12 $T_1 = 1.42[s]$, $T_2 = 1.74[s]$, $T_3 = 2.01[s]$

4.13 진자가 중심 위치를 지날 때 더 빠른 속도를 가지는 것은 지구 위에서이다.

4.14 존재하는 에너지 : K, K_r, U_g. 존재하는 운동량 : $\vec{p}$, L.

4.15 주기는 감소할 것이다.

4.16 $F_{push} = 4.71[N]$

4.17 더 큰 반지름 R을 가진 도르래가 더 빨리 회전하고 더 큰 K_r을 갖는다.

4.18 (a) $v_2 = -5.4[m/s]$ (b) 비탄성 충돌

4.19 (a) 풀이 참조 (b) $a_1 = 1[m/s^2]$ $a_2 = 0[m/s^2]$ $a_3 = -1[m/s^2]$ (c) $F = 40[N]$

4.20 $v_{obj} = \sqrt{2}\,v[m/s]$

4.21 (a) $T = 4.9[N\,m]$ (b) $W = 9.6[J]$

4.22 $m = 1.46[kg]$

4.23 $\| \vec{F} \| = 3[N]$

4.24 (a) $h = d$ (b) $v_i = 19.8[m/s]$, $t_{hit} = 1.43[s]$

4.25 (a) $u_s \geq \dfrac{M}{m_1 + m_2}$ (b) $u_s \geq 0.421$ (c) $a = \dfrac{Mg}{m_1 + m_2 + M}$

4.26 (a) $d = 4.41[m]$ (b) $\overrightarrow{v_{2i}} = 5\angle 90^\circ\ [m/s]$

4.27 (a) $F_{lift} = 158 \times 10^3[N]$

(b) 수직 가속도가 0이므로 전투기는 수평 궤도를 유지할 것이다.

4.28 $v = 10.2[m/s]$

4.29 (a)$v_i = \left(\dfrac{\sin 30}{\tan 60} + \cos 30\right)\sqrt{2dg\mu_k}$ (b) $v_i = 2.24[m/s]$, $v_1 = 1.12[m/s]$, $v_2 = 1.94[m/s]$

(c) $0.233[m]$ (d) 탄성 충돌이다.

4.30 (a) $3.6[N\,m]$ (b) 18.9회전

4.31 단단한 원통이 먼저 경사의 맨 아래 바닥에 닿을 것이다.

4.32 $t_{flight} = 2t_{top} = 4.1\,[s]$

4.33 $\mu_k = \dfrac{M^2}{m^2}\dfrac{L}{d}$

4.34 북극에서보다 산 정상의 꼭대기에서 도달 거리가 $0.65[m]$ 더 멀다.

4.35 $x(t) = 2t^2 + 10t + 20$미터

4.36 민달팽이가 $R = \dfrac{0.4g}{\omega^2}$에서 원판 표면에서 벗어난다.

4.37 상향 가속 엘리베이터 F_{fs} > 고정된 엘리베이터 F_{fs} > 하향 가속 엘리베이터 F_{fs}

(a) > (b) > (c)

4.38 중심에서 가장 먼 동전이 먼저 날아갈 것이다.

4.39 (a) 바퀴당 $F_f = 3000[N]$ (b) $180[N\,m]$ (c) 2.21회전 (d) $2.\overline{7}[m]$

4.40 $x_f = 2.09\,[m]$

4.41 $y(x) = \ell \sin(\theta_{\max})\cos((\omega/v)x)$

4장 연습문제 풀이

4.1 (a) (i) y축이 위쪽을 가리킬 때 $a_y = -g$이고 v_{iy}는 양이다. (ii) y축이 아래쪽을 가리킬 때는 반대로 적용된다.
(b) 풍선은 고양이와 같은 수평 속도로 움직인다. 풍선은 항상 고양이 바로 위에 있으며 풍선이 다시 내려올 때 고양이에게 터져 물을 튀기게 된다. 고양이는 그것에 대해 행복하지 않다.

4.2 (a) $\overrightarrow{F_4}$는 오른쪽을 가리키고 블록의 왼쪽 면에 수직이다.

(b) $\overrightarrow{F_4}$는 위로 향하고 블록의 바닥면에 수직이다.

(c) $\overrightarrow{F_4}$는 왼쪽을 가리키고 블록의 오른쪽 면에 수직이다.

각각의 경우에 힘의 합은 원하는 방향으로 $\vec{a}_{block}$을 생성한다.

4.3 공식 $\|\vec{p}\| = m\|\vec{v}\|$와 $K = \frac{1}{2}mv^2$을 사용해서 운동량과 에너지를 계산하라. 같은 운동량을 갖고 운동하는 두 입자는 다른 운동 에너지를 운반할 수 있다는 것을 관찰하라. 이 문제는 운동량과 에너지가 다른 양이라는 것을 보여준다.

4.4 각 경우, 분리 후 합 $\vec{p}_A + \vec{p}_B$이 칸막이 방이 분리되기 전 우주 정거장의 운동량과 동일하다. $2m\vec{v} = m\vec{v}_A + m\vec{v}_B$

4.5 속도가 존재하면 운동 에너지 K가 존재한다. 용수철이 늘어날 때, 용수철 위치 에너지는 U_s이다. 질량의 위치가 $y=0$의 위 혹은 아래일 때, 중력 위치 에너지 U_g가 존재한다.

4.6 공의 초기 운동 에너지는 지구와 달에서 동일하다. 에너지가 보존되기 때문에, 공이 지면에 도달할 때 g값과 관계없이 처음에 가지고 있던 것과 동일한 운동 에너지를 갖게 된다.

4.7 위치 에너지가 0인 위치를 지면이라고 정의하자. $10[m]$ 구덩이의 밑면은 $g_{Earth} > g_{Moon}$이기 때문에, 지구상에서 위치 에너지가 낮다. 따라서 공은 구덩이의 바닥에 도달할 때 지구에서 더 많은 운동 에너지를 얻게 되어 더 빠른 속도를 갖게 된다.

4.8 질량 M인 물체의 회전은 일정한 각속도를 가지므로 질량의 순 돌림힘은 0이다. L_{rod}, L_{mass}, L_{sys}은 각각 막대, 질량 M, 막대-질량 시스템의 총 각운동량을 나타낸다. 처음에는 $L_{sys} = L_{rod} + L_{mass}$이다. 질량 M이 벗어날 때, 그 속도 $\vec{v}$는 분리된 순간과 같을 것이다. 이것은 각운동량 L_{mass}가 분리된 후에도 동일하게 유지됨을 의미한다. 이것은 또한 막대가 각운동량을 유지할 것이고, 그래서 각속도는 ω로 유지될 것이라는 것을 의미한다.

4.9 루프의 상단에서 자동차의 무게가 구심력에 기여한다. 바닥에서, 구심력에 더하여 자동차의 무게에 반대로 작용하는 힘을 루프가 발휘해야 한다. 그러므로 자동차에 대한 루프의 수직항력은 루프의 하단에서 더 크다.

4.10 두 개의 공은 초기 운동 에너지와 초기 위치 에너지가 같다. 또한 두 공의 최종 위치 에너지가 같기 때문에 동일한 최종 운동 에너지를 가져야 한다. 그들은 같은 속도로 땅에 떨어질 것이다.

4.11 주기 T는 최대 진동 각 $\theta_{\max}$와 관련이 없다. 끈의 길이가 같으면 시계의 T 값이 같다.

4.12 지구상에서 $g = 9.81[m/s^2]$과 공식 $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$을 사용하면, $T_1 = 1.42[s]$, $T_2 = 1.74[s]$, $T_3 = 2.01[s]$을 얻는다.

4.13 지구상의 중력 가속도는 달보다 강하므로 지구상에서 각도 θ_{max}만큼 벗어날 때 진자는 더 큰 위치 에너지를 갖는다. 구체적으로, $U_{gi} = mg\ell(1-\cos\theta_{max})$이다. 그것이 $\theta = 0$을 통과할 때 진자는 더 많은 운동 에너지를 얻을 것이고, 따라서 지구에서 더 빠른 속도를 가질 것이다.

4.14 잠수부가 회전하기 때문에, 이 회전과 관련된 회전 운동 에너지 K_r과 각운동량 L을 고려해야 한다. 운동 에너지 K와 선형 운동량 $\vec{p}$는 직선 운동이 있을 때마다 존재한다. 마지막으로, 위치 에너지가 중력장에서 움직이는 물체의 물리 모델의 일부이기 때문에, 위치 에너지 U_g도 고려해야 한다.

4.15 $T+2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$이기 때문에, 주기는 끈이 짧아지면서 감소할 것이다.

4.16 먼저 상자와 바닥 사이의 수직항력 N을 계산한 후, 다음으로 마찰력 $F_{fk} = \mu_k N$을 계산하라. 상자가 일정한 속도로 움직이려면 운동 마찰력을 상쇄해야 하고, 상자의 알짜힘을 0으로 만들어야 한다. 따라서 $F_{push} = F_{fk} = 4.71[N]$이다.

4.17 두 개의 도르래는 동일한 관성 모멘트 I를 가진다. 큰 반지름 R 주위에 감긴 끈이 더 큰 돌림힘을 생성한다. 돌림힘이 클수록 각가속도가 높아지므로, 각속도와 각운동 에너지가 커진다.

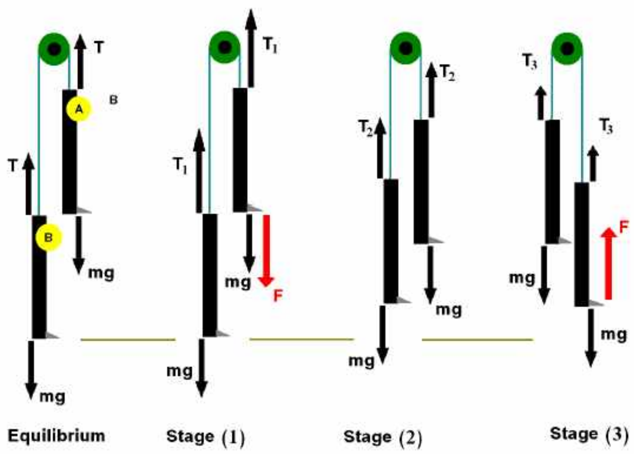
4.18 (a) 충돌 후 선수의 운동량은 0이므로, 충돌 전의 모멘트의 합은 0, 즉 $m_1v_1 + m_2v_2 = 0$이어야 한다. m_1, m_2, v_1이 알려져 있기 때문에 v_2를 찾을 수 있다.

(b) 선수는 충돌 후 멈추기 때문에 모든 운동 에너지를 잃어 충돌이 탄성이 없다. 충돌은 완전히 비탄력적이다.

4.19 (a) 힘 다이어그램을 그리고 무게, 장력 및 교수가 가하는 힘을 포함시켜라. 시스템의 전체 질량은 $2m = 40[kg]$이다.

(b) 네 번째 운동 방정식을 사용하여 가속도를 계산하라.

(c) 시스템에 대해 뉴턴의 제2법칙 $F = ma$를 적용하라.



4.20 용수철을 압축하기 위해 행해진 작업은 운동 에너지로 변한다. 운동 에너지를 용수철에 저장된 일과 같게 놓은 다음, 질량에 대한 초기 운동 에너지와 비교하라. $K = \dfrac{1}{2}mv^2[J]$이기 때문에, $W_a[J]$는 속도 $v[m/s]$로 바뀌고 $2W_a[J]$는 속도 $\sqrt{2}v[m/s]$로 변한다.

4.21 가속도를 계산하려면, 초기 및 최종 각속도와 방정식$\omega(t) = \omega_i + \alpha t$을 사용하라.
$\mathcal{T} = I\alpha$를 사용하여 돌림힘을 찾아라. 수행한 일은 문에서 얻은 회전 운동 에너지

$K_r = \frac{1}{2}I(\omega_f)^2$와 같다.

4.22 용수철의 탄성 위치 에너지는 공의 직선 운동 에너지와 회전 운동 에너지의 합 $\frac{1}{2}k(\Delta x)^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_{ball}\omega^2$과 같다. 공은 미끄러지지 않고 구르며, 각속도와 반지름으로부터 선속도$v = \omega R = 3[m/s]$를 계산할 수 있다. 알고 있는 모든 것을 에너지 방정식에 대입하면, 질량 m을 구할 수 있다.

4.23 블록 사이의 정적 마찰이 미끄러짐 없이 서로 붙어있을 만큼 강할 경우, 두 블록은 외력 $\vec{F}[N]$으로 밀리는 질량 $m_1 + m_2 = 1.25[kg]$의 단일 블록으로 작용한다. 또한 두 블록 간의 접촉력(수직항력과 마찰력)을 분석할 수 있다. 상부 블록은 $N = 2.45[N]$의 수직항력을 느끼고, 하부 블록과의 사이에 존재할 수 있는 최대 정지 마찰은 $F_{fs} = \mu_s N = 0.6[N]$이다. 상부 블록은 또한 양의 x방향에서 정지 마찰력 F_{fs}를 느낀다. 이는 블록이 그 아래의 블록과 나란히 가속되도록 하는 힘이다. 상부 블록에 대해 $F = m_1 a_1$을 사용하면, 마찰력은 $a_1 = \frac{\max F_{fs}}{m_1} = 2.4[m/s^2]$의 최대 가속도를 만들 수 있다.

$F = (m_1 + m_2)a = (0.25 + 1)2.4 = 3[N]$을 사용하여 $2.4[m/s^2]$에서 두 블록을 가속시키는 데 필요한 외력 F를 구할 수 있다.

4.24 공이 높이 $\frac{h}{2}$에 도달하는 시간 $t = t_{hit}$을 구하라. 그런 다음 포탄의 위치 방정식에 그 시간을 대입하라.

그러면 $x_{shell}(t_{hit}) = 0 + v_i\cos(45^\circ)t_{hit} = d$와 $y_{shell}(t_{hit}) = 0 + v_i\sin(45^\circ)t_{hit} - \frac{1}{2}gt_{hit}^2 = \frac{h}{2}$을 구할 수 있다.

4.25 가속도가 0임을 고려하여 각 블록에 대한 힘 다이어그램을 그린 다음, 세 블록에 대한 세 개의 방정식을 구성하고 μ_s를 계산하라. (c)의 경우, 힘 다이어그램을 재사용할 수 있지만 이번에는 가속도가 0이 아니다. 3개의 블록은 동일한 가속도를 가진다.

4.26 (a)에 대답하려면, 첫 번째 공의 최대 사거리를 찾아야 한다. 이 사거리의 절반은 두 번째 공을 발사해야 하는 거리 d이다.

(b)를 풀기 위해서는, 첫 번째 공이 도달한 최대 높이를 찾은 다음 두 번째 공에 필요한 초기 속도를 찾기 위해 에너지 보존을 사용하라.

4.27 수평 성분이 필요한 구심 가속도를 제공하는 양력 F_{lift}를 계산해야 한다.

$$F_{lift}\sin 30^\circ = F_r = m\frac{v^2}{R} = 14000\frac{(605.5/3.6)^2}{5000}$$

따라서 $F_{lift} = 158 \times 10^3[N]$이다. 양력의 수직 성분은 $F_{lift}\cos 30^\circ = 137.2 \times 10^3[N]$이다. 이는 전투기 무게 mg와 같기 때문에 전투기는 수직 방향으로 가속도가 없다.

4.28 지하철이 제동을 시작하기 전에 물병은 선형 운동 에너지 $K_i = \frac{1}{2}m(12.5)^2[J]$를 갖는다. 이 에너지는 구르는 병의 선형 운동 및 회전 운동 에너지로 변환된다. 정지 전후의 에너지는 같으므로 $\frac{1}{2}m(12.5)^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mr^2)\omega^2$을 얻는다. 질량 m을 제거하고, $\omega = \frac{v}{r}$을 사용하여 각속도 ω를 대체하면, v에 대해 풀 수 있다. $v = 10.2[m/s]$이다.

4.29 (a) v_i, v_1, v_2에 관한 두 방정식을 구성하기 위해 운동량의 보존 $\vec{p}_i = \vec{p}_f$을 사용하라. 마찰력이 행한 일과 퍽의 운동 에너지 $\triangle K = W$ 사이의 관계를 사용하여 포켓에 퍽 2를 가져 오는 최소 v_2(포켓에 도달하면 퍽 2가 멈춤)를 계산한 다음, 이전 방정식을 사용하여, v_i와 v_1을 찾아라.
(b) 제공된 값을 대입하라. (c) $K_f = 0$과 $K_i = K_f = W_{lost}$을 사용하라. (d) $K_{1,i}$를 계산하고, 충돌 후 $K_{1,f} + K_{2,f}$와 비교하라.
4.30 α를 구하기 위해 $\alpha = r\alpha$을 사용하라. 그 후 $\mathcal{T} = I\alpha$를 사용해서 돌림힘을 구하라. 운동의 각 방정식을 사용하여 $\theta(4)$를 구하라. 회전 수는 $\dfrac{\theta(4)}{2\pi}$이다.
4.32 이것은 운동학 문제이다. $a = -9.81$과 방정식 $v(t) = at + v_i$에서 출발하라. $v(t_{top}) = 0$이므로 t_{top}을 구할 수 있다.
4.33 먼저 진자에 $U_i = K_f$를 사용하면 $MgL = \dfrac{1}{2}Mv_{in}^2$를 얻는다. 따라서 $v_{in} = \sqrt{2gL}$이다. 다음으로 운동량 추론 $\vec{p}_{in} = \vec{p}_{out}$을 사용한다. 여기에서 들어오는 운동량은 질량 M의 것이고 나가는 운동량은 질량 m의 것이 된다. 운동량 보존 방정식은 $Mv_{in} + 0 = 0 + mv_{out}$과 같다. 여기서 v_{out}은 충돌 후 질량 m의 속도이고, 진자의 운동량은 충돌 후에 되튀지 않기 때문에 0이다. v_{out}에 대해 풀면 $v_{out} = \dfrac{M}{m}\sqrt{2gL}$을 얻는다. 마지막으로, 에너지 계산 $K_i = W_{lost}$를 사용하면 $\dfrac{1}{2}m(\dfrac{M}{m}\sqrt{2gL})^2 = mg\mu_k d$ 이 된다. 몇 가지 단순화 작업 후에 $\mu_k = \dfrac{M^2}{m^2}\dfrac{L}{d}$를 얻을 수 있다.
4.34 두 가지 상황에서 공을 걷어찬 후 공이 얼마나 멀리 도달할 것인가를 알아내야 한다. 먼저 $0 = 0 + v_{iy}t + \dfrac{1}{2}(-g)t^2$을 t에 대해 계산하여 총 비행시간을 구한다. 네바도 우아스카란 산 정상의 꼭대기에서 비행시간은 $4.347[s]$이 될 것이고, 북극에서는 $4.316[s]$이 될 것이다. 각 경우의 도달거리는 $d = v_{ix}4.347 = 92.21[m]$ 및 $d = v_{ix}4.316 = 91.56[m]$에 해당한다. 도달거리의 차이는 $92.21 - 91.56 = 0.65[m]$이다.
4.36 민달팽이와 원판 사이의 수직항력은 $N = mg$이다. 민달팽이가 반지름 R에 위치할 때 원판 상에 민달팽이를 유지하는데 필요한 구심력 가속도는 $F_r = ma_r = m\dfrac{(R\omega)^2}{R}$이다. 사용 가능한 마찰력은 $F_f = 0.4mg$이다. 마찰력이 불충분해지면 민달팽이가 날아가며, 이는 중심에서 $R = \dfrac{0.4g}{\omega^2}$의 거리에서 발생한다.
4.37 F_{fs}에 대한 방정식은 $F_{fs} = \mu_s N$이다. N은 수직항력(냉장고와 엘리베이터 바닥 사이의 접촉력)이다. 엘리베이터에 대한 힘 다이어그램은 $\sum F_y = N - mg = ma_y$을 보여준다. 엘리베이터가 고정되어 있을 때, $a_y = 0$이고 $N = mg$이다. 만약 $a_y > 0$(상향 가속)이라면, $N > mg$를 가져야 한다. 따라서 마찰력은 엘리베이터가 고정된 경우보다 클 것이다. $a_y < 0$(하향 가속)일 때, N은 mg보다 작아야 하며, 결과적으로 F_{fs}는 더 작아질 것이다.
4.38 중앙에서 가장 먼 동전은 회전하는 턴테이블에서 가장 먼저 날아갈 것이다. 왜냐하면 이 동전의 회전을 유지하는 데 필요한 구심력이 가장 크기 때문이다. $F_r = ma_r$, $a_r = v^2/R$,

$v = \omega R$임을 기억하자. 턴테이블이 각속도 ω로 회전하면, 반지름 R에서 동전이 회전하는 데 필요한 구심력 가속도는 $F_r = m\omega^2 R$이다. 이 구심력은 동전과 턴테이블 사이의 마찰력 F_{fs}에 의해 공급되어야 한다. 큰 R은 더 많은 F_{fs}를 필요로 한다.

4.39 (a) 마찰력은 수직항력에 비례한다. 각 원판의 각 측면에서의 마찰은 바퀴 당 $F_f = 3000[N]$의 총 마찰력에 대해 $F_f = 0.3 \times 5000 = 1500[N]$이다.

(b) 브레이크의 마찰력은 $0.06[m]$의 지레장치로 작용하기 때문에 각 브레이크에 의해 생성된 돌림힘은 $\mathcal{T} = 0.06 \times 3000 = 180[Nm]$이다.

(c) 10[m/s]에서 움직이는 $100[kg]$ 물체의 운동 에너지가 $K_i = \frac{1}{2}100(10)^2 = 5000[J]$이다. $K_i - W = 0$을 사용하는데, 여기서 W는 브레이크가 한 일이다. θ_{stop}은 자전거가 멈출 때 바퀴의 회전 각도라 하자. 각 브레이크에 의해 수행된 일은 $180\theta_{stop}$이다. 자전거를 멈추기 위해 총 $\theta_{stop} = \frac{5000}{360} = 13.\bar{8}[rad]$이 소요된다. 이 각도는 바퀴의 2.21회전에 해당한다.

(d) 정지거리는 $13.\bar{8} \times 0.20 = 2.\bar{7}[m]$가 될 것이다.

4.40 이 경우의 에너지 방정식 $\sum E_i = \sum E_f$은 $U_i = U_f + K_f$이며, 혹은 $mg(6 - 6\cos 50^\circ) = mg(6 - 6\cos 10^\circ) + \frac{1}{2}mv^2$이다, 이는 $v^2 = 12g(\cos 10^\circ - \cos 50^\circ)$로 단순화할 수 있다. v를 구하면 $v = 4.48[m/s]$가 된다. 이제 포물체 운동 부분을 고려하자. 초기 속도는 수평에 대해 10°의 각도에서 $4.48[m/s]$이므로, $\vec{v}_i = (4.42, 0.778)[m/s]$이다. 타잔의 초기 위치는 $(x_i, y_i) = (6\sin(10), 6[1 - \cos(10)] = (1.04, 0.0911)[m]$이다. 총 비행시간을 찾기 위해, $0 = -4.9t^2 + 0.778t + 0.0911$에서 t를 풀면 $t = 0.237[s]$을 찾는다. 타잔은 $x_f = 6\sin(10) + 4.42t = 2.09[m]$에 착지할 것이다.

4.41 진자에 대한 일반적인 운동 방정식 $\theta(t) = \theta_{\max}\cos(\omega t)$을 작성함으로써 시작한다. 여기서 $\omega = \sqrt{g/\ell}$이다. 속도 v에서 왼쪽으로 움직이는 무빙워크에 들어간다고 하자. $\theta(t) = \theta_{\max}$이 되는 시간에 $x = 0$인 좌표를 선택할 경우, 무빙워크 상에서 패턴은 방정식 $y(x) = \ell\sin(\theta_{\max})\cos(kx)$로 설명할 수 있다. 여기서 $k = 2\pi/\lambda$이고 λ는 진자가 1사이클을 완료하는 데 걸리는 시간(x방향의 거리로 측정)을 나타낸다. 페인트 통의 한 스윙은 $T = 2\pi/\omega[s]$를 취한다. 그 시간에, 움직이는 무빙워크는 vT 미터의 거리를 이동할 것이다. 따라서 공간에서 한 주기(한 파장)는 $\lambda = vT = v2\pi/\omega$ 결론지을 수 있다.