

8장. 에너지의 보존

(Conservation of Energy)

8.1 분석 모형: 비고립계(에너지)

8.2 분석 모형: 고립계(에너지)

8.3 운동 마찰이 포함되어 있는 상황

8.4 비보존력에 의한 역학적 에너지의 변화

8.5 일 률



8.1 분석 모형: 비고립계(에너지)

(Analysis Model: Nonisolated System (Energy))

비고립계에서는 에너지가 계의 경계를 넘을 수 있기 때문에 **비고립계**의 **전체 에너지가 변한다**. 이 에너지 변화의 상황 분석을 통하여 에너지 보존이라는 매우 중요한 법칙을 얻는다. 이 에너지 보존 원리는 생물학적인 유기체, 기술적인 복합체 및 공학적인 상황 등에 광범위하게 적용되고 있다.

계가 환경과 어떠한 작용도 하지 않을 때는 계는 고립되어 있다.

고립계에서는 에너지가 계의 경계를 넘을 수 없다.

따라서 **고립계의 전체 에너지는 일정하다**.



계의 에너지는 생성되지도 않고 소멸되지도 않아 항상 보존된다.

계의 전체 에너지가 변한다면, 그 이유는 오직 앞에서 나열한 에너지 전달 방법 중 어떤 에너지 전달 방식으로 에너지가 계의 경계를 넘었기 때문이다.

$$\Delta E_{system} = \sum T \quad \blacktriangleleft \text{에너지 보존}$$

E_{system} 계의 전체 에너지로서 계에 저장 가능한 모든 에너지

(운동 에너지, 위치 에너지 그리고 내부 에너지 등)

T 어떤 전달 과정을 거치면서 계의 경계를 넘어 전달되는 에너지 양.

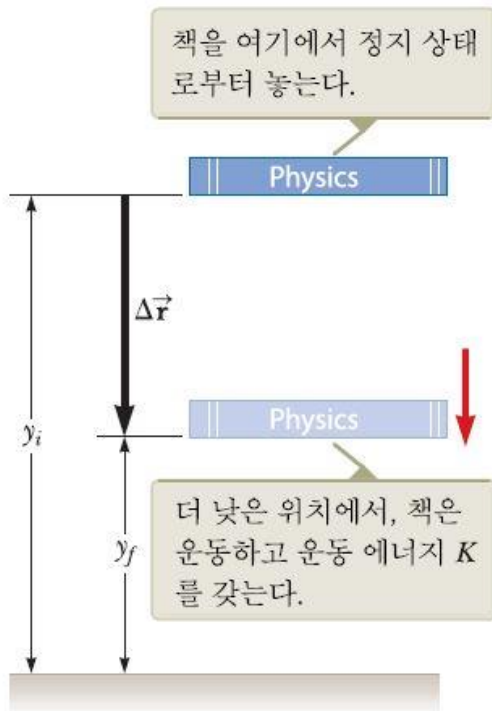
일 열 역학적 파동 물질 수송 전기송전 전자기 복사

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_{int} = W + Q + T_{MW} + T_{MT} + T_{ET} + T_{ER}$$

우변이 0일 때 고립계가 된다.

8.2 분석 모형: 고립계(에너지)

(Analysis Model: Isolated System(Energy))



들어올렸던 책이 원래 위치로 되돌아올 때 중력이 한 일에만 초점을 맞추어 보자

$$\begin{aligned} W_{onbook} &= (\mathbf{mg}) \cdot \Delta \mathbf{r} = (-mg\mathbf{j}) \cdot [(y_f - y_i)\mathbf{j}] \\ &= mgy_i - mgy_f \end{aligned}$$

$$W_{onbook} = \Delta K_{book} \quad (\text{일-에너지 정리})$$

$$\therefore \Delta K_{book} = mgy_i - mgy_f = -(mgy_f - mgy_i) \equiv -\Delta U_g$$

$$\therefore \Delta K = -\Delta U_g$$

$$\Delta K + \Delta U_g = 0$$

여러 가지 위치에너지
형식에 대해 일반화하면

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

$$E_{mech} \equiv K + U \text{ 이므로 } \Delta E_{mech} = 0$$

비보존력이 작용하지 않는 고립계의 역학적 에너지는 보존된다.
 계 내부에 비보존력이 있으면 역학적 에너지는 보존되지 않지만,
 계의 전체 에너지는 보존된다

$$\Delta E_{system} = 0$$

역학적 에너지 보존법칙을 풀어쓰면

$$(K_f - K_i) + (U_f - U_i) = 0$$

$$\therefore K_f + U_f = K_i + U_i$$

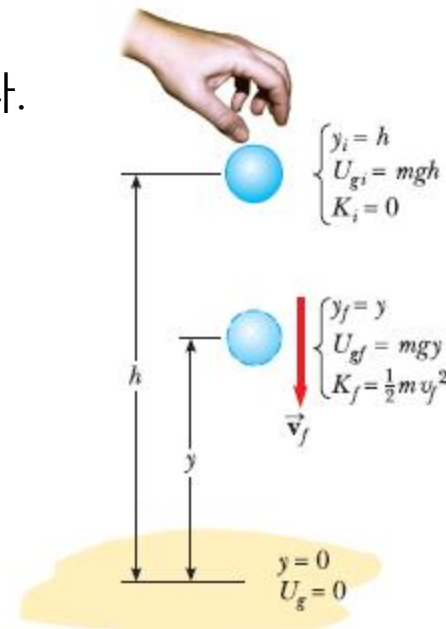
중력에 의해 낙하하는 책의 경우

$$\frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

예제 8.1 자유 낙하하는 공

그림과 같이 질량이 m 인 공이 지면에서 높이 h 인 곳에서 떨어진다.

(A) 공기 저항을 무시하고 지면에서 높이 y 에 도달할 때 공의 속력을 구하라.



풀이

$$K_f + U_{gf} = K_i + U_{gi}$$

$$\frac{1}{2} m v_f^2 + mgy = 0 + mgh$$

$$v_f^2 = 2g(h - y) \rightarrow v_f = \sqrt{2g(h - y)}$$

(B) 공이 처음의 높이 h 에서 이미 위 방향의 처음 속력 v_i 를 가지고 있었을 경우, 높이 y 에 도달할 때 공의 속력을 구하라.

풀이

$$\frac{1}{2} m v_f^2 + mgy = \frac{1}{2} m v_i^2 + mgh$$

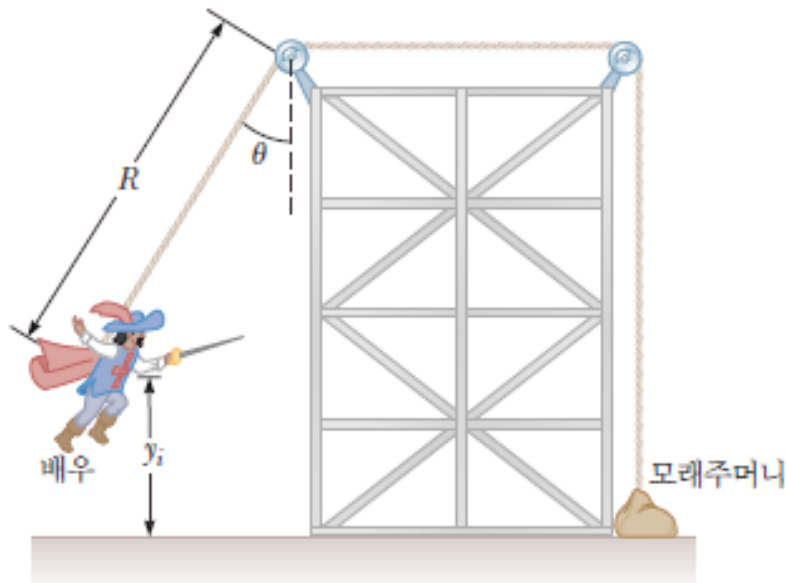
$$v_f^2 = v_i^2 + 2g(h - y) \rightarrow v_f = \sqrt{v_i^2 + 2g(h - y)}$$

예제 8.2

배우의 무대 입장

연극 공연 중 무대 위로 날아서 등장하는 배우를 지탱할 수 있는 무대 장치를 설계한다고 하자. 배우의 질량은 65.0 kg 이다. 그림 8.5a와 같이 배우 몸을 지탱해주는 멜빵 장치와 130 kg 의 모래주머니가 가벼운 철선으로 연결되어 마찰이 없는 두 도르래 위를 움직이도록 한다. 멜빵 장치와 가장 가까운 도르래 사이의 철선의 길이가 3.00 m 가 되도록 하고 무대 커튼의 뒤에 있는 도르래가 안 보이도록 한다. 배우가 공중에서부터 무대 바닥으로 줄에 매달려 날아와 사뿐히 착지하도록 하기 위해서는 모래주머니가 절대 바닥에서 들리면 안 된다. 처음에 철선이 무대 바닥에 수직인 방향과 이론 각도를 θ 라 하자. 모래주머니가 들리지 않기 위한 최대 각도를 구하라.

풀이



$$\left(\frac{1}{2}m_{\text{actor}}v_f^2 - 0\right) + (0 - m_{\text{actor}}gy_i) = 0$$

$$v_f^2 = 2gR(1 - \cos \theta)$$

$$\sum F_y = T - m_{\text{actor}}g = m_{\text{actor}} \frac{v_f^2}{R}$$

$$T = m_{\text{actor}}g + m_{\text{actor}} \frac{v_f^2}{R}$$

예제 8.3

용수철공기총

용수철 공기총의 작동 원리는 방아쇠를 당겨 용수철이 튕겨나가도록 하는 구조이다(그림 8.6a). 이 용수철을 $y^{\textcircled{a}}$ 만큼 압축하여 방아쇠를 당긴다. 질량 m 의 총알은 연직으로 발사되어, 용수철을 떠나는 위치부터 최대 높이 $y^{\textcircled{c}}$ 까지 올라간다. 그림 8.6b에서 $y^{\textcircled{b}} = 0$ 이다. 여기서 $y^{\textcircled{a}} = -0.120 \text{ m}$, $y^{\textcircled{c}} = 20.0 \text{ m}$ 라고 하자.

(A) 모든 저항력을 무시하고 용수철 상수를 구하라.

풀이

$$\Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s = 0$$

$$(0 - 0) + (mgy_c - mgy_a) + (0 - \frac{1}{2}kx^2) = 0$$

(B) 그림 8.6b와 같이 용수철의 평형위치 \textcircled{b} 를 지날 때 총알의 속력을 구하라.

풀이

$$\Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s = 0$$

$$(\frac{1}{2}mv_b^2 - 0) + (0 - mgy_a) + (0 - \frac{1}{2}kx^2) = 0$$

8.3 운동 마찰이 포함되어 있는 상황 (Situations Involving Kinetic Friction)

좁은 의미의 일-운동 에너지 정리는 입자 모형으로의 가정이 가능한 입자나 물체에 대하여 유효하다. 그런데 마찰력이 존재할 때는, 미시적 마찰력에 의한 일을 계산할 수 없다.

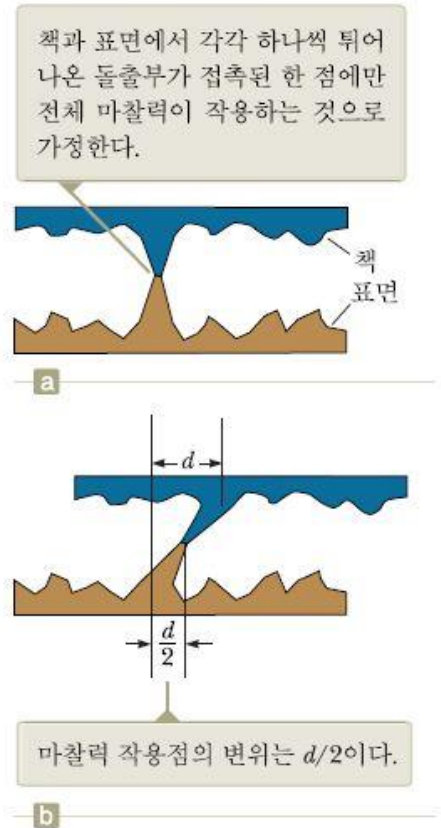
이러한 상황에서는 뉴턴의 제2법칙을 사용하고 운동 마찰력이 하는 일을 도입하면 일-운동 에너지를 역시 적용할 수 있게 된다. 표면 위에서 미끄러지는 책처럼 변형이 없는 경우는 상대적으로 쉽게 다룰 수 있다. 미시적 마찰력 f_k 외의 다른 힘을 고려하면,

$$\sum W_{other\ forces} + \int \mathbf{f}_k \cdot d\mathbf{r} = \int \sum \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$\Delta E_{int} = f_k d$$

마찰력은 계의 내부에 있는 운동 에너지를 내부 에너지로 변환시킨다. 이 때 계의 내부 에너지 증가량은 운동 에너지의 감소량과 같다.

수직항력 N 이 증가하면, $f = -kx$ 로부터 간격이 줄어들고, 접촉하는 돌기수가 증가하므로 $f_k \propto N$ 임을 알 수 있다.



예제 8.4

거친 표면 위에서 물체 끌기

수평면 위에서 처음에 정지하고 있는 6.0 kg의 물체를 크기가 일정한 12 N인 수평 방향의 힘으로 오른쪽으로 당긴다고 가정하자.

(A) 물체가 접촉한 표면의 운동 마찰 계수가 0.15일 때 3.0 m 이동된 후 물체의 속력을 구하라.

풀이

$$\sum W_{otherforces} - W_F = F\Delta x$$

$$F\Delta x = \Delta x + \Delta E_{int} - \left(\frac{1}{2}mv_f^2 - 0\right) + f_k d$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2}{m}[-(8.82N)(3.0m) + (12N)(3.0m)]}$$

풀이

$$\Delta K + \Delta U_g + \Delta U_s = 0$$

$$\left(\frac{1}{2}mv_B^2 - 0\right) + (0 - mgy_A) + \left(0 - \frac{1}{2}kx^2\right) = 0$$

예제 8.4

거친 표면 위에서 물체 끌기

(B)그림 8.8b와 같이 힘 F 가 수평면에 대하여 각도 θ 를 이루면서 물체를 오른쪽으로 3.0 m 끈다고 가정하자. 이때 물체의 최대 속력에 이르게 하는 힘의 각도를 구하라.

풀이

$$\sum W_{otherforces} - W_F = F\Delta x \cos \theta - Fd \cos \theta$$

$$n = mg - F \sin \theta$$

$$W_F = \Delta K + \Delta E_{int} = (K_f - 0) + f_k d$$

$$K_f = Fd \cos \theta - \mu_k n d = Fd \cos \theta - \mu_k (mg - F \sin \theta) d$$

8.4 비보존력에 의한 역학적 에너지의 변화

(Changes in Mechanical Energy for Nonconservative Forces)

앞 절에서 다룬 표면 위에서 미끄러지는 책을 생각해 보면,
책도 계의 일부로 포함하여 위치 에너지의 변화도 존재하는 계를 생각한다.
이 경우 $-f_k d$ 는 운동 마찰력에 의한 역학적 에너지의 변화량이 된다.

$$\Delta E_{mech} = \Delta K + \Delta U_g = -f_k d$$

이 식을 일반화하면, 고립계 안에서 비보존력인 **마찰력**이 작용할 때

$$\Delta E_{mech} = \Delta K + \Delta U = -f_k d$$

비고립계 안에서 **비보존력**이 작용할 때는

$$\Delta E_{mech} = -f_k d + \sum W_{other\ forces}$$

예제 8.7 경사면을 따라 미끄러져 내려오는 나무상자

질량 3.00 kg 인 물건을 담은 나무상자가 경사면을 따라 미끄러져 내려온다. 그림 8.10과 같이 경사면의 길이는 1.00 m 이고 경사각은 30.0° 이다. 나무상자는 경사면의 상단에서 정지 상태에서부터 움직이기 시작하여 5.00 N 크기의 마찰력을 계속 받으며 내려온다. 경사면을 내려온 후에도 수평인 지면 바닥을 따라 짧은 거리만큼 움직이다가 멈춘다.

- (A) 에너지 방법을 사용하여 경사면 아래 끝에서 나무상자의 속력을 구하라.
- (B) 나무상자가 경사면을 내려온 후에도 수평인 지면 바닥을 따라 크기가 5.00 N 인 마찰력을 받는다면, 나무상자는 얼마만큼 이동하는가?

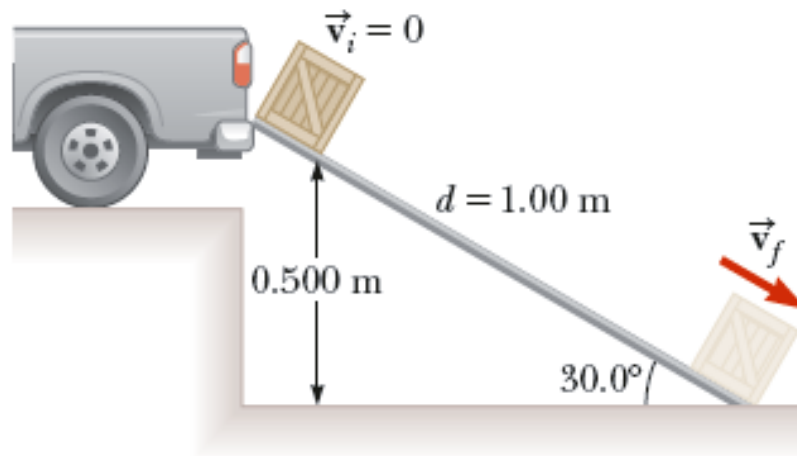
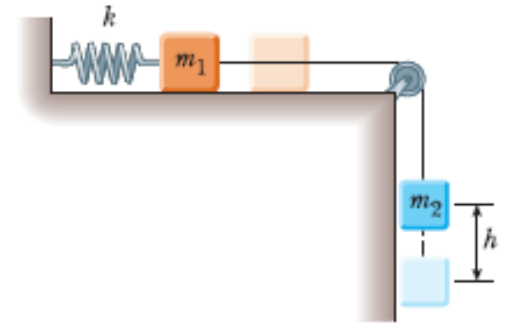


그림 8.10 (예제 8.7) 물건을 담은 나무상자가 중력의 영향으로 경사면을 따라 미끄러져 내려온다. 내려오는 동안 계의 중력 퍼텐셜 에너지가 감소하고 운동 에너지가 증가한다.

예제 8.9 연결된 물체의 운동

두 개의 블록이 가벼운 줄의 양 끝에 연결되어 마찰이 없는 도르래에 걸쳐 있다. 수평면 위에 놓여 있는 질량이 m_1 인 블록은 또한, 용수철 상수가 k 인 용수철에 연결되어 있다.

용수철이 이완되어 있지 않을 때, 블록 m_1 과 매달려 있는 질량 m_2 인 블록을 정지 상태에서 놓았다. 블록 m_2 가 정지하기 전 까지 거리 h 만큼 떨어진다면, 블록 m_1 과 수평면 사이의 운동 마찰 계수를 계산하라.



풀이

$$(1) \Delta E_{mech} = \Delta U_g + \Delta U_s$$

$$(2) \Delta E_{mech} = -f_k h = -(\mu_k n) = -\mu_k m_1 g h$$

$$(3) \Delta U_g = U_{gf} - U_{gi} = 0 - m_2 g h$$

$$(4) \Delta U_s = U_{sf} - U_{si} = \frac{1}{2} k h^2 - 0$$

(1)식에 (2) - (4)식을 대입하면

$$-\mu_k m_1 g h = -m_2 g h + \frac{1}{2} k h^2$$

$$\therefore \mu_k = \frac{m_2 g - \frac{1}{2} k h}{m_1 g}$$

8.5 일률

(Power)

순간 일률(instantaneous power): 에너지 전달의 시간에 대한 비율

$$\mathcal{P} \equiv \frac{dE}{dt}$$

평균 일률(average power): 시간 Δt 동안에 물체에 한 일이 W 일 때 $\mathcal{P}_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$

순간 일률 $\therefore \mathcal{P} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t} = \frac{dW}{dt} = \mathbf{F} \cdot \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$

단위: $1W = 1J / s = 1kg \cdot m^2 / s^3$

$$1hp = 746W$$

$$1kWh = (10^3 W)(3600s) = 3.60 \times 10^6 J \quad \text{에너지}$$

생활속의 에너지

1 kWh = 3.6×10^6 J = 100 W 전구 10개 x 1 시간 = 1 kW 전열기 1 시간

일반 가정 1달 전기소모량 = 500 kWh = 700 W x 30일 x 24h

성인 하루 에너지 = 2000 k cal = 8.4×10^6 J = 2.3 kWh

= 100 W x 24 h = *100 와트 전등 하나를 계속 켜둔 것과 동일!*

핵발전소 = 1 GW = 700 W x 140만 가구(서울시 절반 정도의 가구에 해당)

우리나라 2012년 총발전량 = 5×10^5 GWh = 60개 x 1 GW x 3×10^7 초(1년)

원자력 34%, 석탄 39%, 유류 3.4%, LNG 21%, 수력 0.3%, 대체 2.2%

우리나라 원자력발전소: 가동중 21기, 시공중 7기 세계 5위임.

최대 핵발전국인 미국의 18%; 참고로, 프랑스는 핵발전소가 발전량의 75%를 차지함.

❖ 전기를 절약하자! 환경보호의 첫 걸음! 대중교통 애용, 불필요한 전등 끄기,.....

열에너지

$1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J} = 1 \text{ g 물을 } 1^\circ\text{C 올리는 에너지}$

$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6/4.2 \times 10^6 \text{ cal} \approx 10 \text{ kg(리터) 물} \times 100^\circ\text{C}$

$\approx 539 \text{ cal/g} \times 2 \text{ kg 물}$ *물 2리터를 끓여 수증기로 만드는 에너지*

위치에너지 $E = mgh$ $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \times 10 \times 0.1 \text{ m}$

$1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ kg} \times 10 \times 10^5 \text{ m}$ *수박 하나를 100 km 위로 옮기는 에너지*

$= 3.6 \text{ ton} \times 10 \times 100 \text{ m}$ *트럭 하나를 100 m 위로 들어 올리는 에너지*

운동에너지 $E = \frac{1}{2} mv^2$ $1 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (1 \text{ m/초})^2$

$1 \text{ kWh} = \frac{1}{2} \times 7.2 \text{ kg} \times (1 \text{ km/초})^2$ *큰 수박 하나를 마하 3의 속도로 던지는 에너지*

$= \frac{1}{2} \times 8 \text{ ton} \times (30 \text{ m/초})^2$ *고속도로에서 큰 트럭이 벽에 부딪히는 충격에너지*

연습문제

1. 역도선수가 350 N 의 역기를 지면에서 바로 머리위 수직으로 2.0 m 들어 올렸다. 역기를 일정한 속력으로 움직였다면, 역도선수는 얼마의 일을 하였는가?

연습문제

2. 용수철의 힘 상수가 $5,000 \text{ N/m}$ 인 가벼운 용수철이 연직 방향으로 서 있다. 이 용수철 위에 질량 0.250 kg 인 물체를 놓고 용수철을 아래 방향으로 0.100 m 압축한다. 물체를 정지 상태에서 놓으면, 물체는 위로 움직이다가 용수철을 떠나게 된다. 물체가 올라간 최대 높이를 놓은 위치로부터 구하라.(P190.3)

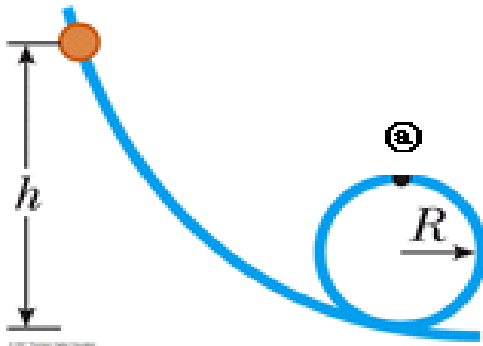
연습문제

3. 20.0 kg의 포탄이 포신 끝에서 처음 속도 1,000 m/s로 수평과 37.08의 각도로 발사된다. 두 번째 같은 포탄이 90.08 로 발사되었다. 고립계 모형을 사용해서 (a) 각 포탄의 최고 높이를 구하고
(b) 각 포탄이 최고 높이에 도달할 때 포탄-지구 계의 역학적 에너지를 구하라. 포탄의 처음 위치는 같다고 가정하고 $y = 0$ 으로 한다.(P190.4)

연습문제

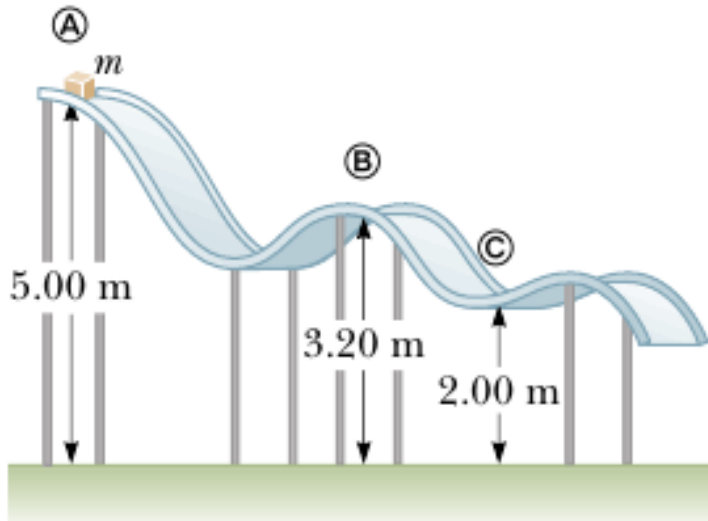
4. 그림과 같이 곡선과 원 형태로 감긴 철사 고리에 꿰인 구슬이 마찰 없이 미끄러진다. 구슬을 높이 $h=3.50 R$ 에서 놓았다면

- (a) 점 ㉠에서 구슬의 속력은 얼마인가?
- (b) 구슬의 질량이 5.0 g 일 때 이 점에서 구슬에 작용하는 수직항력은 얼마인가?(P190.5번)



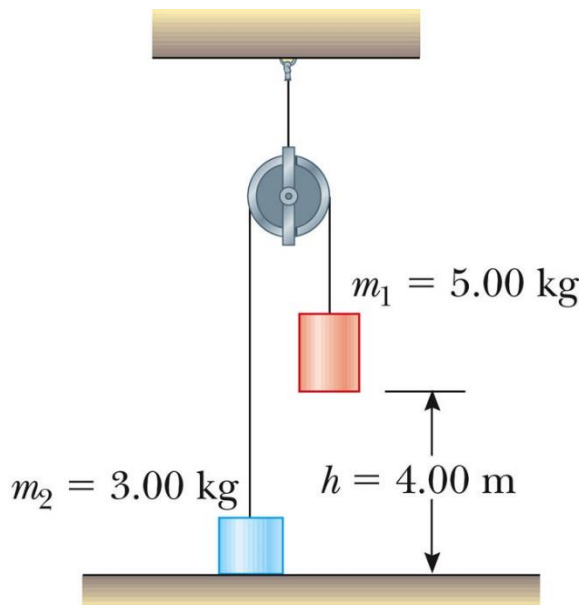
연습문제

5. 질량이 5.00 kg 인 물체를 점 A에서 놓으면, 물체는 그림에서 보는 바와 같이 마찰이 없는 트랙을 따라 미끄러져 진다. (a) 점 B와 C에서 물체의 속력을 결정하라. (b) 점 A에서 C까지 움직이는 동안 중력이 물체에 한 일의 값을 구하라.(P190.6번)



연습문제

6. 그림과 같이 두 물체가 가벼운 줄에 연결되어 가볍고 마찰이 없는 도르래에 놓여 있다. 질량이 $m_1=5.0\text{ kg}$ 인 물체를 높이 h 에서 정지상태에서 놓았다. 고립계 모형을 써서
- (a) $m_1=5.0\text{ kg}$ 인 물체가 지면을 치는 순간에 $m_2=3.0\text{ kg}$ 인 물체의 속력을 구하라.
- (b) $m_2=3.0\text{ kg}$ 인 물체가 올라갈 수 있는 최고 높이를 구하라.(P190.7번)



연습문제

7. 얼어붙은 연못 위에서 질량 m 인 썰매를 발로 찬다. 이로 인한 썰매의 처음 속력은 2.00 m/s 이고, 썰매와 얼음 사이의 운동 마찰 계수는 0.100 이다. 에너지를 고려하여 썰매가 정지할 때까지 이동한 거리를 구하라.
(P191.12번)

연습문제

8. 질량이 10.0 kg 인 짐바구니를 거친 경사면 위쪽으로 처음 속력 1.50 m/s 로 끌고 있다. 끄는 힘은 경사면과 평행하고 크기는 100 N 이다. 경사면은 수평면과 20.0° 의 각도를 이룬다. 운동 마찰 계수는 0.400 이고 짐바구니는 5.00 m 이동한다. 이때

- (a) 중력이 짐바구니에 한 일은 얼마인가?
- (b) 마찰에 의한 짐바구니-경사면 계의 증가한 내부 에너지를 구하라.
- (c) 100 N 의 힘이 짐바구니에 한 일은 얼마인가?
- (d) 짐바구니의 운동 에너지는 얼마나 변하는가?
- (e) 5.00 m 이동한 짐바구니의 속력은 얼마인가?

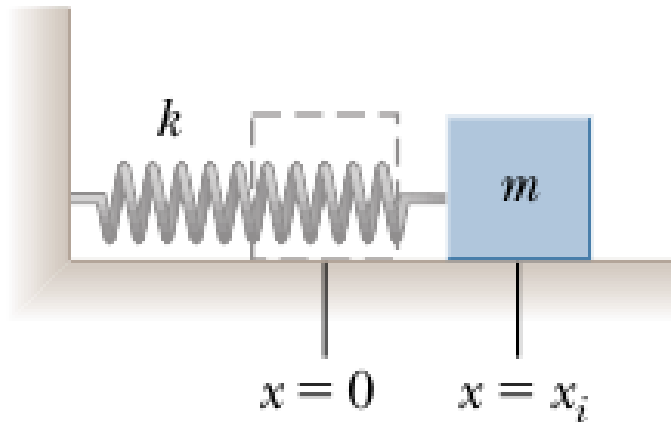
(P191.14번)

연습문제

9. 그림과 같이 질량 $m=2.00\text{ kg}$ 인 물체가 힘 상수가 $k=500\text{ N/m}$ 인 용수철에 연결되어 있다. 물체를 평형 위치 에서 오른쪽으로 $x=5.00\text{ cm}$ 만큼 당긴 후, 정지 상태에서부터 놓는다. 이때

(a) 수평면이 마찰이 없는 경우와

(b) 물체와 표면 사이의 마찰 계수가 0.350 인 경우 물체가 평형 위치를 지날 때의 속력을 구하라. (P191.15번)



연습문제

10. 처음에 정지하고 있는 질량 40.0 kg 인 상자가 수평 방향으로 일정한 130 N 의 힘을 받아 거친 수평 바닥에서 5.00 m 이동한다. 상자와 바닥 사이의 마찰 계수가 0.300 일 때,

- (a) 수평 방향의 힘이 한 일,
- (b) 마찰력으로 인한 상자 -바닥 계의 내부 에너지의 증가,
- (c) 수직항력이 한 일,
- (d) 중력이 한 일,
- (e) 상자의 운동 에너지의 변화,
- (f) 상자의 나중 속력을 구하라.

(P161.16번)

연습문제

11. 5.0 kg의 벽돌이 정지 상태에서 출발하여 30° 의 경사진 거친 면을 따라 2.5 m 미끄러져 내려갔다. 벽돌과 경사면 사이의 운동 마찰계수 $\mu_k = 0.436$ 이다.

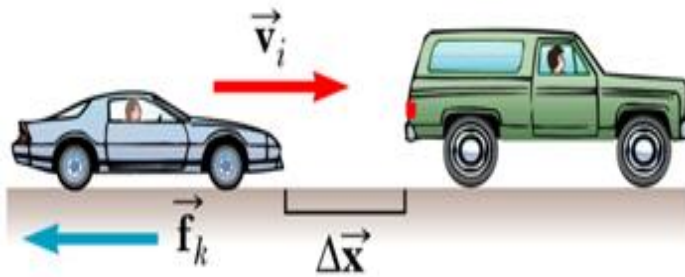
- (a) 중력이 한 일
- (b) 벽돌과 경사면사이 마찰력이 한 일
- (c) 수직항력이 한 일

연습문제

12. 2000 kg의 자동차가 두 가지 종류의 힘 즉 도로로부터 구동 바퀴에 전달되는 1000 N의 추진력과 950 N의 저항력을 받고 있다. 정지 상태에서부터 자동차가 20 m의 거리를 이동하였을 때 일-운동에너지 정리를 사용하여 속력을 구하라.

연습문제

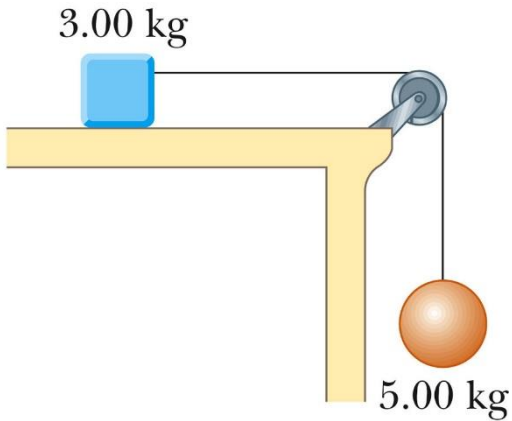
13. 35.0 m/s 의 속력으로 움직이는 질량 1000 kg 인 자동차의 운전자가 정체로 인하여 정지해 있는 앞차와의 충돌을 피하기 위해 급정거하였다. 제동이 걸리면서 일정한 마찰력 $8 \times 10^3 \text{ N}$ 이 자동차에 작용하였다. 공기 저항은 무시한다



- (a) 다른 자동차와 충돌을 피하기 위한 최소 거리는 얼마인가?
- (b) 두 자동차 사이의 거리가 초기에 30.0 m 라면 충돌 순간의 속력은 얼마인가?

연습문제

14. 그림에서 3.0 kg의 블록과 표면사이의 운동 마찰 계수는 0.4이다. 줄로 연결된 블록과 공이 정지 상태에서 출발한다. 5.0 kg의 공이 1.5 m 떨어졌을 때 속력은 얼마인가?(P192.22번)

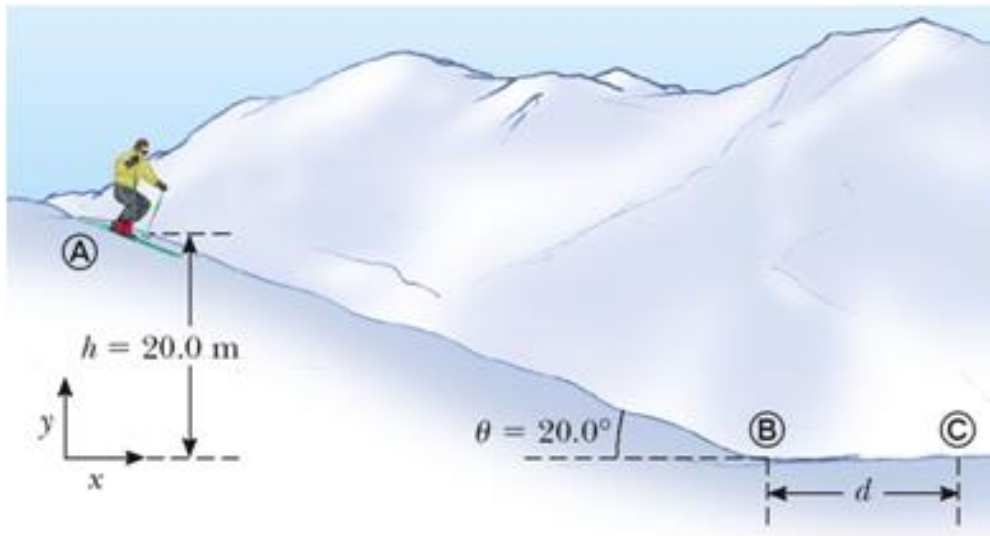


연습문제

15. 마찰이 없는 높이 20.0 m인 스키 경사면 꼭대기로부터 정지 상태에서 출발하였다. 경사면이 끝나는 곳에서 평지가 이어지는데, 평지의 운동 마찰 계수는 0.210 이다.

(a) 경사면 끝에서의 속력을 구하라.

(b) 완전히 정지하기 전까지 평지를 따라 얼마나 멀리 이동하는가?
공기저항은 무시한다.



연습문제

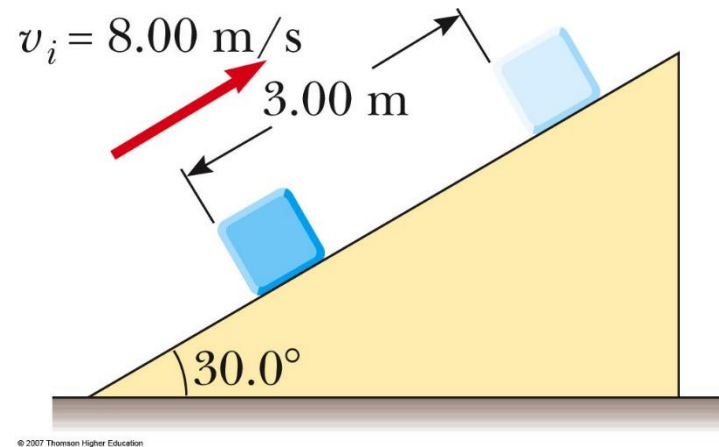
16. 질량 5.0 kg 인 물체가 용수철 상수가 $k=400 \text{ N/m}$ 인 용수철에 매달려 있다. 물체가 놓인 바닥의 마찰은 없다고 하자. 물체를 $x=0.025 \text{ m}$ 위치로 당겨서 놓았을 때,

- (a) 물체가 평형 위치를 처음 지날 때 물체의 속력을 구하라.
- (b) $x=0.025 \text{ m}$ 위치에서 물체의 속력을 구하시오.

연습문제

18. 그림과 같이 5.0 kg의 블록을 경사면에서 처음 속도 8.0 m/s 로 위 방향으로 이동하였다. 블록은 경사면을 딸 3.0 m 이동한 후 멈추었다. 경사면의 경사각은 수평면에 대하여 30.0° 이다. 이 운동에 대하여 다음을 구하라.(P192.23번)

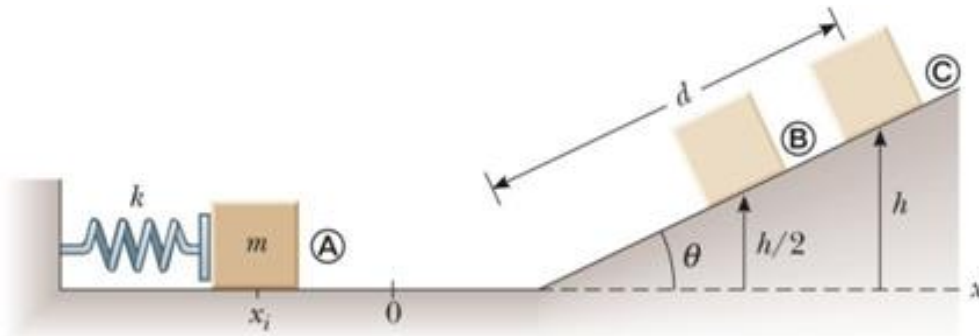
- (a) 블록의 운동에너지의 변화량
- (b) 블록-지구계의 위치에너지 변화량
- (c) 블록에게 작용하는 마찰력
- (d) 운동마찰계수



연습문제

19. 질량 0.5 kg 인 물체가 그림과 같이 마찰이 없는 수평면 위에 놓여 있고 이 용수철의 용수철 상수는 $k = 625 \text{ N/m}$ 이다. 물체는 용수철의 길이가 10 cm 줄어드는 위치 A까지 눌렀다가 발사되었다.

- (a) 경사각이 $\theta = 30^\circ$ 인 경우 마찰이 없는 경사면 위로 올라갈 수 있는 최대 이동 거리를 구하라
- (b) 최대 높이의 반이 되는 위치에서 물체의 속력은 얼마인가?



연습문제

19. 820 N인 해병대원이 기본 훈련 중에 길이 12.0 m의 연직 으로 매달린 밧줄을 8.00 s 동안 일정한 속력으로 올라간다. 그가 한 일의 일률은 얼마인가?
(P193.28번)

연습문제

20. 질량이 1000 kg 인 승강기는 최대 800 kg 의 화물을 운반할 수 있다. 승강기가 위쪽으로 움직일 때 마찰력 $4 \times 10^2\text{ N}$ 이 작용하여 승강기의 움직임을 방해한다. 화물을 최대로 싣고 승강기가 3.0 m/s 의 일정한 속력으로 올라가기 위해서 모터가 전달해야 할 최소한의 일률은 얼마인가?

연습문제

21. 질량이 $1 \times 10^3 \text{ kg}$ 인 궤속정이 정지 상태에서 5초 후에 20.0 m/s 로 가속되었다. 물과 궤속정 사이의 마찰력은 $f_d = 5.0 \times 10^2 \text{ N}$ 이고 가속도가 일정하다면, 이 궤속정의 일률은 얼마인가?