



Physics

역학적 에너지 보존

**Logic will get you from A to B
Imagination will take you everywhere**

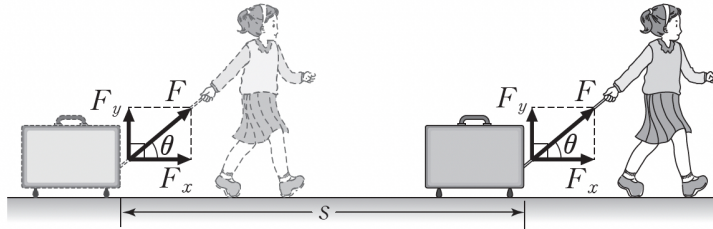
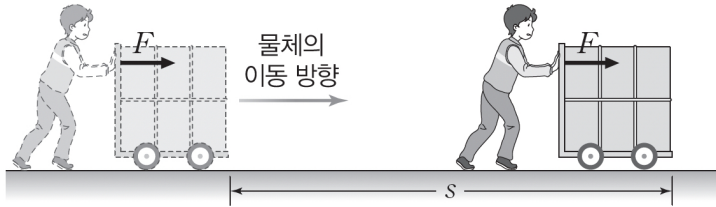
Albert Einstein (1879-1955)

일과 에너지

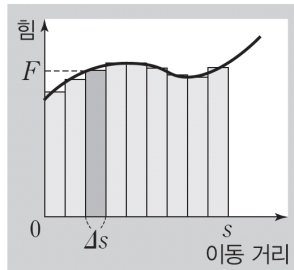
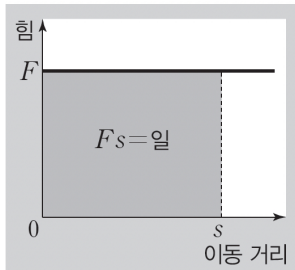
힘이 물체에 한 일

물체의 이동 방향과 나란하게 작용한 힘의 크기와 물체가 이동한 거리를 곱한 값

$$W = Fs \quad [\text{단위} : N \cdot m \text{ 또는 } J]$$



$$W = Fs \cos \theta$$



운동에너지(Kinetic Energy, E_k)

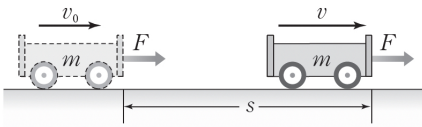
운동하는 물체가 가진 에너지

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \quad [\text{단위 : } J]$$

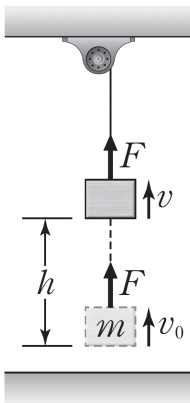
일·운동 에너지 정리

물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

$$W = Fs = \frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2) = \Delta E_k$$



중력이 한 일은? 외력이 한 일은? 알짜힘이 한 일은?

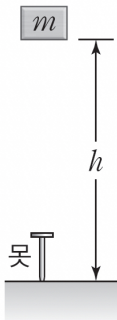


퍼텐셜 에너지(Potential Energy, E_p)

중력, 탄성력, 전기력 등이 작용하는 계에서 물체 또는 계에 저장되는 에너지로, 기준점에서 어떤 지점까지 물체를 등속으로 이동시키는데 필요한 일을 그 지점에서의 퍼텐셜 에너지라고 한다.

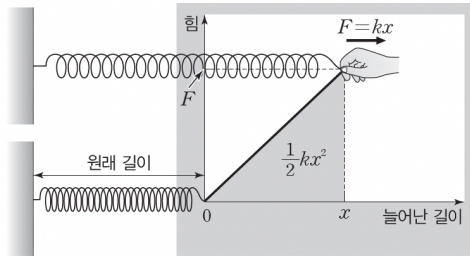
중력 퍼텐셜 에너지

$$E_p = mgh \quad [\text{단위} : J]$$

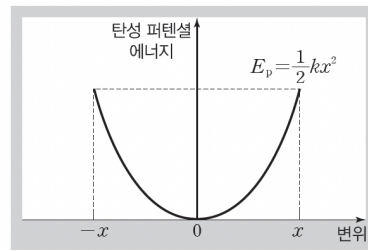


탄성 퍼텐셜 에너지

$$E_p = \frac{1}{2} kx^2 \quad [\text{단위 : } J]$$



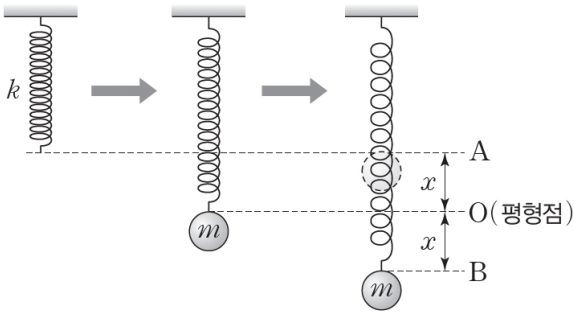
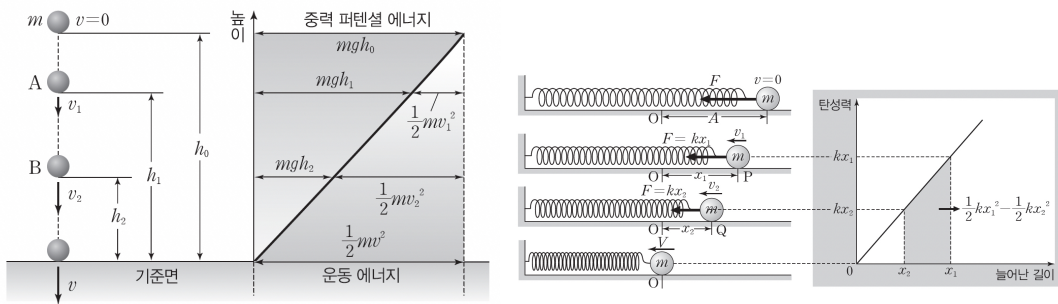
용수철을 당길 때 힘이 하는 일



탄성 퍼텐셜 에너지-변위 그래프

역학적 에너지 보존

$E_p + E_k = \text{일정}$



위치	중력 퍼텐셜 에너지	운동 에너지	탄성 퍼텐셜 에너지	역학적 에너지
A	0	0	0	0
O	$-mgx$	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}kx^2$	$-mgx + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$
B	$-mg(2x)$	0	$\frac{1}{2}k(2x)^2$	$-mg(2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$

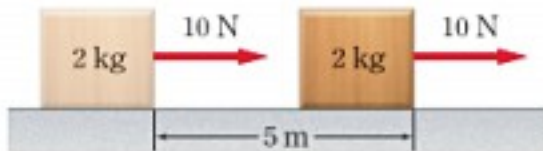
개념 기본 문제

01 물체에 작용하는 힘이 일을 하는 경우만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

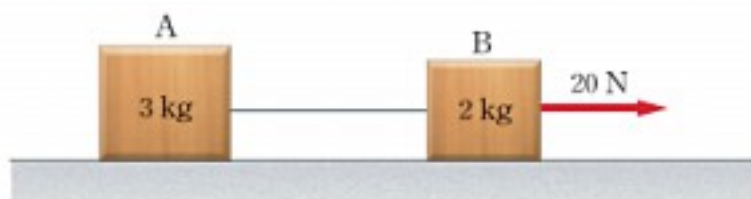
- ㄱ. 가방을 들고 옆으로 이동할 때
- ㄴ. 물체에 중력이 작용하여 자유 낙하할 때
- ㄷ. 마찰이 없고 수평인 얼음판에서 물체가 미끄러질 때

02 그림과 같이 수평면에서 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 10 N의 힘을 작용하여 물체를 5 m 이동시켰다.



이때 힘이 물체에 한 일을 구하시오. (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

03 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에 정지해 있고, 질량이 3 kg, 2 kg인 물체 A와 B를 실로 연결하여 수평 방향으로 20 N의 힘을 작용하여 5 m 이동시켰다. (단, 실의 질량과 공기 저항은 무시한다.)



(1) 실이 A에 한 일을 구하시오.

(2) 5 m 이동했을 때 B의 속력을 구하시오.

01 역학적 에너지 보존

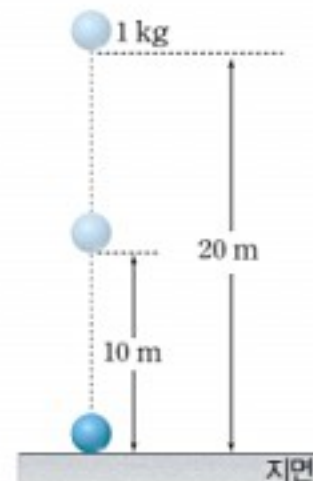
04 질량 3 kg인 물체에 크기가 50 N으로 일정한 힘을 작용하여 1 m 연직 위로 들어 올렸다.



1 m를 이동하는 동안, 물체에 작용하는 다음의 힘이 한 일을 각각 구하시오. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 줄의 질량과 공기 저항은 무시한다.)

- (1) 50 N의 힘
- (2) 중력
- (3) 알짜힘

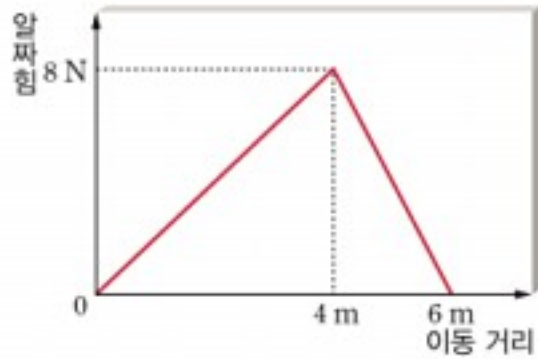
05 그림과 같이 질량이 1 kg인 물체를 높이 20 m인 곳에서 가만히 놓았을 때 물체가 자유 낙하하였다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)



(1) 물체의 높이가 10 m일 때 물체의 운동 에너지를 구하시오.

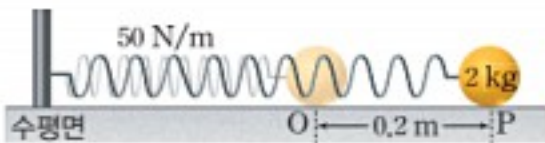
(2) 물체가 지면에 도달하는 순간 속력을 구하시오.

06 그림은 정지한 물체에 작용하는 알짜힘을 이동 거리에 따라 나타낸 것이다. 물체의 질량은 3 kg이다.



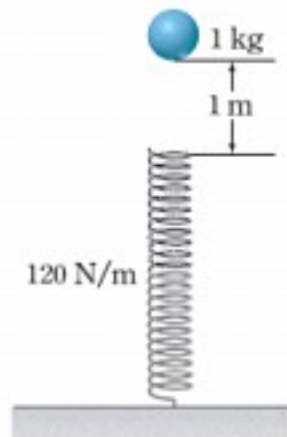
- (1) 물체가 0에서 4 m까지 이동하는 동안 힘이 한 일을 구하시오.
- (2) 물체가 6 m를 이동했을 때 속력을 구하시오.

07 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 2 kg인 물체를 용수철 상수가 50 N/m인 용수철에 매달고 O점에서 P점까지 0.2 m만큼 당겼다 가만히 놓았다. (단, 용수철의 질량은 무시한다.)

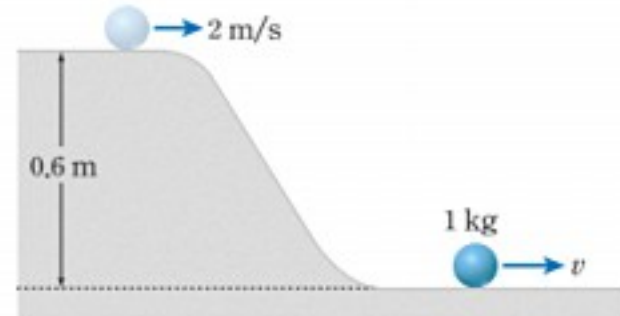


- (1) 물체가 O에 도달했을 때 속력을 구하시오.
- (2) 용수철이 최대로 압축되었을 때 탄성력에 의한 위치 에너지를 구하시오.

08 그림과 같이 용수철 상수가 120 N/m인 용수철의 연직 위 1 m 높이에서 질량 1 kg인 물체를 낙하시켜 용수철이 압축될 때, 용수철의 최대 압축 길이를 구하시오. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

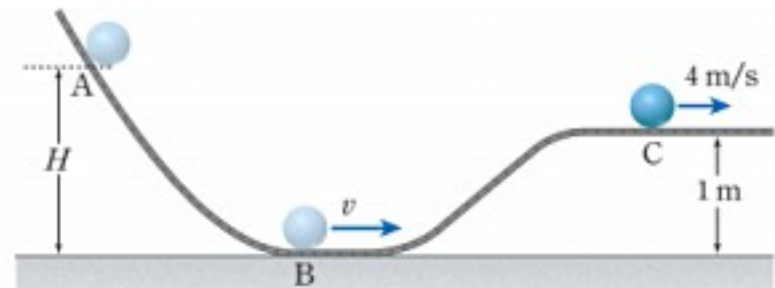


09 그림은 질량이 1 kg인 물체가 2 m/s의 속력으로 수평면에서 운동하다 0.6 m 높이 아래로 내려가 속력 v 로 수평면에서 운동하는 것을 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



- (1) 내려가는 동안 중력이 물체에 한 일을 구하시오.
- (2) 속력 v 를 구하시오.

10 그림과 같이 레일 위의 A점에서 물체를 가만히 놓았더니 물체가 B점을 지나 C점에서 속력이 4 m/s가 되었다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

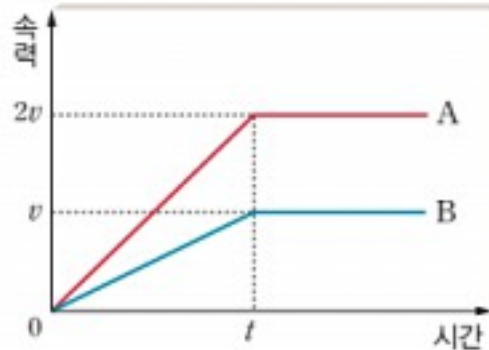


- (1) B에서 물체의 속력 v 를 구하시오.
- (2) A의 높이 H 를 구하시오.

개념 적용 문제

➤ 일 · 운동 에너지 정리

01 그림은 마찰이 없는 얼음판 위에 정지해 있던 스케이트 선수 A와 B가 손을 마주대고 서로 밀었을 때 서로 반대 방향으로 운동하는 동안 A와 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?



➤ 시간 · 속도 그래프의 아래 넓이는 이동 거리를 나타내고, 물체에 한 일은 힘과 이동 거리의 곱과 같다.

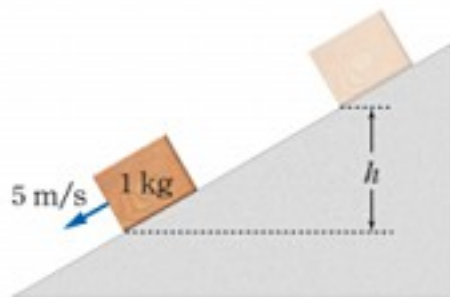
보기

- ㄱ. A의 질량은 B의 질량의 $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㄴ. t 일 때 A의 운동 에너지는 B의 운동 에너지의 4배이다.
- ㄷ. $0 \sim t$ 동안 A가 B에 한 일과 B가 A에 한 일은 같다.

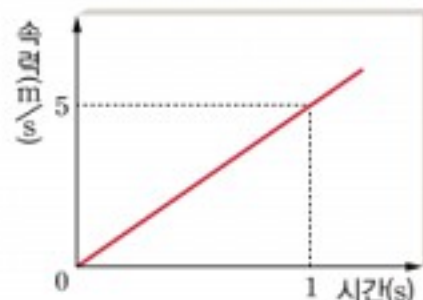
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 일 · 운동 에너지 정리

02 그림 (가)는 질량 1 kg인 물체가 기울기가 일정한 빗면을 따라 미끄러져 내려가는 것을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 이 물체의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

➤ 시간 · 속도 그래프의 기울기는 $\frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}}$ 이므로 가속도를 나타내며, 중력이 물체에 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

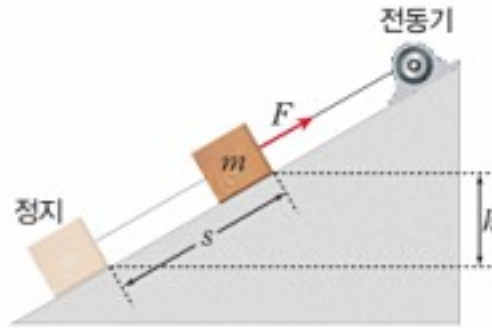
보기

- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 5 N이다.
- ㄴ. 0초부터 1초까지 중력이 물체에 한 일은 25 J이다.
- ㄷ. 0초부터 1초까지 물체가 내려간 높이 h 는 1.25 m이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶힘이한일

03 그림은 질량 m 인 물체를 줄에 매달아 정지 상태에서 전동기가 F 의 일정한 힘으로 잡아당겨 빗면을 따라 거리 s 만큼 이동시키는 것을 나타낸 것이다. 거리 s 만큼 이동하는 동안 물체가 올라간 높이는 h 이며, 물체의 중력에 의한 위치 에너지 증가량은 운동 에너지 증가량의 2배이었다.



▶ 힘이 한 일은 물체의 운동 에너지와 중력에 의한 위치 에너지로 전환된다.

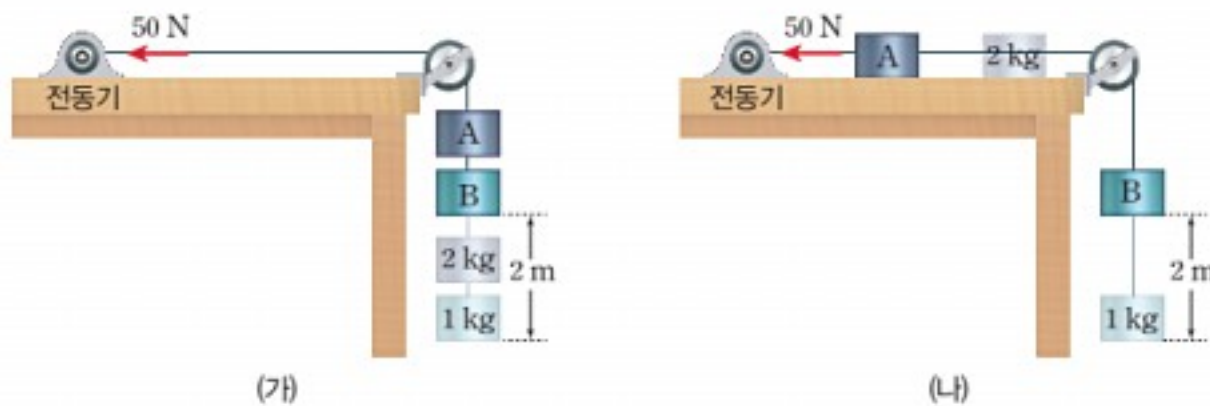
물체가 정지 상태에서 s 만큼 이동하는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 줄의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 전동기가 한 일은 Fs 이다.
 - ㄴ. 물체가 올라간 높이 h 는 $\frac{Fs}{mg}$ 이다.
 - ㄷ. 물체의 가속도 크기는 $\frac{F}{2m}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶힘이한일

04 그림 (가), (나)는 줄로 연결되어 정지해 있는 물체 A, B에 전동기가 50 N의 일정한 힘을 각각 작용하여 2 m 이동시키는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 2 kg, 1 kg이다.



▶ B에 작용하는 알짜힘은 줄이 B를 잡아당기는 힘과 B에 작용하는 중력의 합력이고, 알짜힘이 한 일만큼 운동 에너지가 증가한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 줄의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. (가), (나)에서 전동기가 한 일은 같다.
 - ㄴ. A의 운동 에너지 증가량은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
 - ㄷ. B를 잡아당기는 줄이 B에 한 일은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 탄성력에 의한 위치에너지

05 그림과 같이 용수철에 질량 m 인 물체를 매달고 용수철의 길이가 변형되지 않게 손으로 받치고 있다가 손을 치우자 물체의 최대 낙하 거리가 h 이었다.

물체가 h 만큼 내려가는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철의 질량과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. 용수철 상수는 $\frac{mg}{h}$ 이다.

ㄴ. 알짜힘이 물체에 한 일은 0이다.

ㄷ. 최하점에서 탄성력에 의한 위치 에너지 증가량은 mgh 이다.

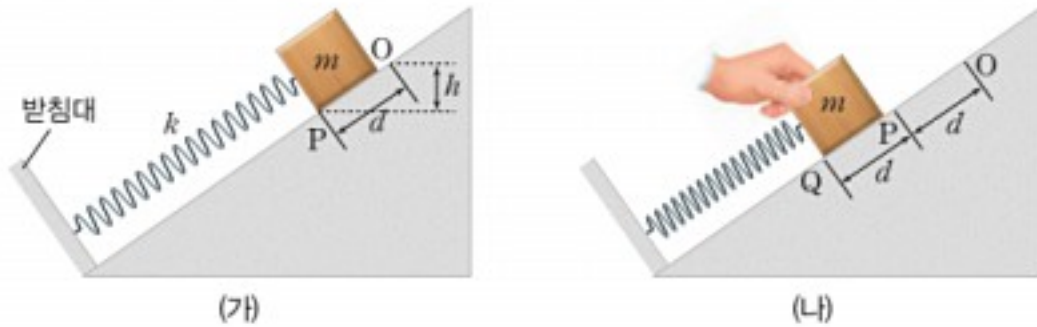


▶ 용수철에 매달린 물체는 탄성력과 중력이 작용하며, 일·운동 에너지 정리에 의해 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 탄성력에 의한 위치에너지

06 그림 (가)와 같이 용수철 상수가 k 인 용수철을 경사면 받침대에 고정하고 용수철의 다른 쪽 끝에 질량이 m 인 물체를 연결하여 가만히 놓으니 용수철이 O에서 P까지 d 만큼 압축된 채 정지하였고, 그림 (나)와 같이 물체를 당겨 용수철을 P에서 Q까지 d 만큼 압축하였다가 가만히 놓으니 물체가 Q와 O 사이를 왕복 운동하였다. 경사면의 O와 P 사이의 높이차는 h 이다.



▶ 빗면에서 용수철을 누르고 정지해 있을 때 물체에 작용하는 중력에 의해 빗면을 따라 내려가는 방향으로 물체에 작용하는 힘과 탄성력이 평형을 이룬다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철의 질량과 물체의 크기 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. $h = \frac{2kd^2}{3mg}$ 이다.

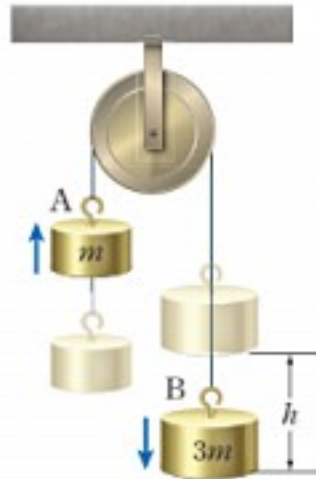
ㄴ. (나)에서 물체가 O에 위치할 때 작용하는 알짜힘의 크기는 kd 이다.

ㄷ. (나)에서 물체의 운동 에너지는 P를 지날 때 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지 보존

07 그림과 같이 질량이 $m, 3m$ 인 물체 A, B를 도르래를 통해 실로 연결하고 손으로 잡고 있다 가만히 놓으니 A와 B가 높이 h 만큼 이동하였다.



➤ 등가속도 운동에서 가속도 a , 이동 거리 s , 처음 속도 v_0 , 나중 속도 v 는 $2as = v^2 - v_0^2$ 의 관계에 있다.

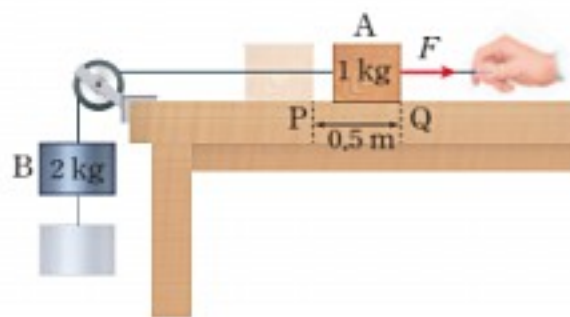
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A의 중력에 의한 위치 에너지는 mgh 증가한다.
 - ㄴ. A의 속력은 \sqrt{gh} 이다.
 - ㄷ. B의 운동 에너지는 $\frac{3}{4}mgh$ 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지 보존

08 그림과 같이 질량이 각각 1 kg, 2 kg인 물체 A, B를 실로 연결하고 P점에 정지해 있던 A에 크기가 F 로 일정한 힘을 1초 동안 작용하여 Q점까지 등가속도 운동을 하여 0.5 m 이동시켰다.



➤ 힘 F 가 작용하여 A와 B는 함께 운동하므로 운동 에너지를 가진다. 이때 A의 중력에 의한 위치 에너지는 일정하지만, B의 중력에 의한 위치 에너지는 증가한다.

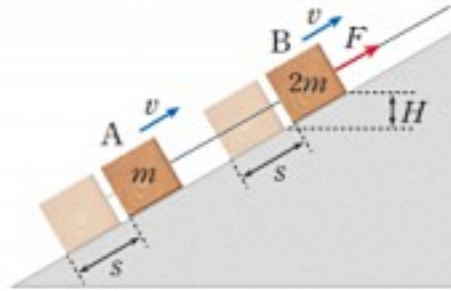
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. Q에서 A의 속력은 1 m/s이다.
 - ㄴ. 0.5 m를 이동하는 동안 힘 F 가 한 일은 11.5 J이다.
 - ㄷ. F 가 한 일은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 B의 중력에 의한 위치 에너지 증가량의 합과 같다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지 보존

09 그림과 같이 질량이 m , $2m$ 인 물체 A와 B가 연결된 실을 당겨 빗면과 나란한 방향으로 F 의 알짜힘이 작용하여 s 만큼 이동했을 때 속력이 v 가 되고, 높이가 H 만큼 올라갔다.



➤ 물체에 외력이 작용하면 물체의 역학적 에너지가 변한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량과 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. A와 B의 역학적 에너지의 합은 Fs 만큼 증가한다.
 ㄴ. 실이 A에 한 일은 $\frac{Fs}{3}$ 이다.
 ㄷ. $v = \sqrt{\frac{2Fs}{3m}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지 보존

10 그림과 같이 두 물체 A와 B 사이에 용수철을 넣어 압축시킨 후 동시에 가만히 놓았더니 A와 B가 분리되어 서로 반대 방향으로 운동하여 빗면 위로 올라갔다. A와 B가 빗면으로 올라간 최고점의 높이는 각각 h , $2h$ 이고, B의 질량은 m 이다.



➤ A, B가 분리되기 전후 운동량은 보존되며, 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 두 물체가 용수철에서 분리되면서 두 물체의 역학적 에너지로 전환된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. A의 질량은 $\sqrt{2}m$ 이다.
 ㄴ. 분리되는 동안 용수철이 A에 한 일 W_A 와 B에 한 일 W_B 의 비 $W_A : W_B = 1 : \sqrt{2}$ 이다.
 ㄷ. 분리되기 전 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지는 $(\sqrt{2}+2)mgh$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 역학적 에너지 보존

- 11 그림과 같이 경사면에서 질량이 $m, 2m$ 인 물체 A와 B를 각각 높이 $4.5h, 2h$ 에서 가만히 놓으니 수평면에서 충돌한 후 A가 경사면을 되돌아와 높이 $2h$ 인 곳에서 속력이 0이 되었다. 두 물체는 동일한 연직면상에서 운동한다.

▶ 충돌 전후 두 물체의 운동량은 보존된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)

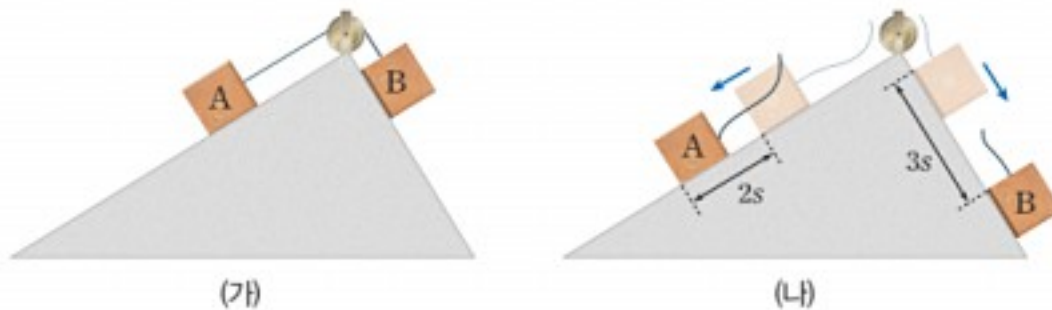
- 보기
- ㄱ. 충돌 전 A의 속력 v_A 와 B의 속력 v_B 의 비 $v_A : v_B = 3 : 2$ 이다.
 - ㄴ. 충돌 후 A의 속력은 $2\sqrt{gh}$ 이다.
 - ㄷ. 충돌 후 B가 경사면을 따라 올라간 최고 높이는 $\frac{h}{6}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 일·운동 에너지 정리와 역학적 에너지 보존

- 12 그림 (가)는 물체 A, B가 실로 연결되어 경사면에 정지해 있는 것을, 그림 (나)는 (가)에서 두 물체를 연결한 실이 끊어져 A, B가 같은 시간 동안 각각 $2s, 3s$ 의 거리를 이동한 것을 나타낸 것이다.

▶ 실의 장력은 실이 끊어졌을 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다. 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같다.



(나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A의 질량 m_A 와 B의 질량 m_B 의 비 $m_A : m_B = 3 : 2$ 이다.
 - ㄴ. 같은 시간 동안 A의 운동 에너지 증가량 E_A 와 B의 운동 에너지 증가량 E_B 의 비 $E_A : E_B = 2 : 3$ 이다.
 - ㄷ. 같은 시간 동안 A가 내려간 높이 h_A 와 B가 내려간 높이 h_B 의 비 $h_A : h_B = 2 : 3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ