



**SURREAL**

완자 / 열효율





# 내신 만점 문제

## A 에너지 전환의 방향성

01 그림은 손에 올려놓은 얼음이 녹는 것을 나타낸 것이다.



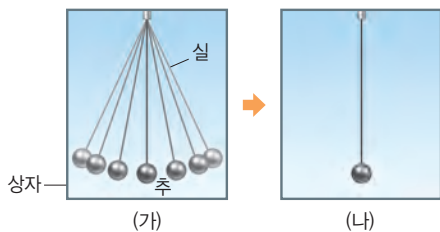
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 열은 얼음에서 손으로 이동한다.
- ㄴ. 손에 올려놓은 얼음이 녹는 과정은 비가역 현상이다.
- ㄷ. 얼음이 녹는 과정은 열역학 제1법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 단열되고 밀폐된 상자 안에서 추가 실에 매달려 진동하는 모습을, (나)는 (가)에서 공기 저항으로 인해 충분한 시간이 지난 후 추가 정지한 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 추의 역학적 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. 상자 속 공기 분자의 역학적 에너지는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 상자 내부의 총에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

03 그림은 물에 잉크 한 방울을 떨어뜨렸더니 물속에서 잉크 분자가 확산되는 것을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?



보기

- ㄱ. 비가역 현상이다.
- ㄴ. 외부에서 에너지를 공급하지 않아도 충분한 시간이 지나면 잉크는 다시 한 방울로 모인다.
- ㄷ. 이와 같은 현상으로 열효율이 100 %인 열기관을 제작할 수 없는 까닭을 설명할 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

04 열역학 제2법칙에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 에너지의 전환 과정에서 총량은 보존된다는 법칙이다.
- ㄴ. 일은 열로 모두 바꿀 수 없지만, 열은 일로 모두 바꿀 수 있다.
- ㄷ. 열효율이 100 %인 열기관은 제작할 수 없다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

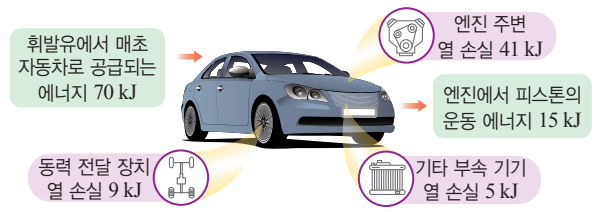
서술형

05 그림은 물에 잉크를 떨어뜨렸더니 잉크 분자가 확산되어 물이 잉크 색으로 변하는 것을 나타낸 것이다. 잉크 색으로 변한 물이 저절로 잉크와 물로 나누어지는 현상은 일어나지 않는다. 이런 현상과 같은 원리로 설명할 수 있는 현상 두 가지를 서술하시오.



**B 열기관의 열효율**

**06** 그림은 자동차에서 매초 사용되는 에너지를 나타낸 것이다. 자동차 연료인 휘발유에서 자동차로 공급되는 에너지는 초당 70 kJ이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 자동차에서 매초 소모되는 에너지의 총합은 70 kJ 보다 크다.
- ㄴ. 자동차 엔진의 열효율은  $\frac{3}{14}$ 이다.
- ㄷ. 휘발유에서 매초 자동차로 공급된 에너지는 최종적으로 열에너지로 전환된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

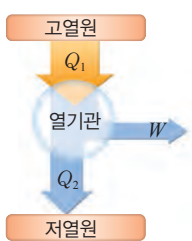
**07** 열기관에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

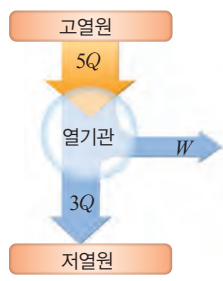
- ㄱ. 열에너지를 역학적인 일로 바꾸는 장치이다.
- ㄴ. 열기관의 열효율은 열기관이 방출한 열량에 대해 일로 전환된 비율이다.
- ㄷ. 열기관의 열효율은 100%가 될 수 없다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**08** 그림은 고열원에서  $Q_1$ 의 열을 흡수하여  $W$ 의 일을 하고 저열원으로  $Q_2$ 의 열을 방출하는 열기관을 모식적으로 나타낸 것이다. 열기관의 열효율을  $Q_1$ 과  $W$ 를 이용하여 쓰시오.



**09** 그림은 고열원에서  $5Q$ 의 열을 흡수하여  $W$ 의 일을 하고, 저열원으로  $3Q$ 의 열을 방출하는 열기관의 에너지 흐름을 나타낸 것이다.



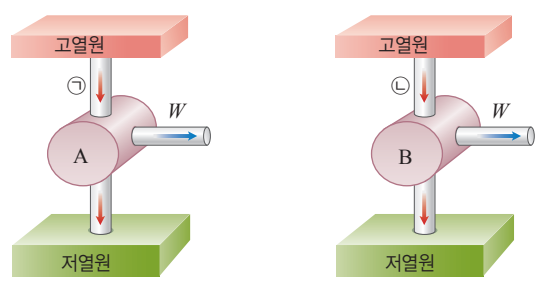
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 열기관은 일을 열에너지로 전환하는 장치이다.
- ㄴ.  $W$ 는  $\frac{5}{3}Q$ 이다.
- ㄷ. 열기관의 열효율은 0.4이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 서로 다른 열기관 A, B를 모식적으로 나타낸 것이다. A, B는 고열원에서 각각 ㉠, ㉡의 열을 흡수하여  $W$ 의 일을 한다. 열효율은 A가 B의 2배이다



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 열효율은 일정하다.)

**보기**

- ㄱ. ㉡은 ㉠의 2배이다.
- ㄴ. 저열원으로 방출하는 열은 A가 B보다 작다.
- ㄷ. A는 고열원에서 흡수하는 열이 증가해도 한 일은 변하지 않는다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**중요** 11 그림은 고열원에서 열량  $Q$ 를 흡수하여 일  $W$ 를 하고 저열원으로 열을 방출하는 열기관을 나타낸 것이다. 표는 열효율이 같은 열기관 A, B의  $Q$ ,  $W$ 를 각각 나타낸 것이다.



열기관	A	B
$Q$	20 kJ	15 kJ
$W$	15 kJ	①

①은?

- ①  $\frac{35}{4}$  kJ      ② 10 kJ      ③  $\frac{45}{4}$  kJ  
 ④  $\frac{25}{2}$  kJ      ⑤  $\frac{55}{4}$  kJ

12 그림은 교사의 질문에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.

열효율이 100%인 열기관은 제작할 수 없습니다. 그 까닭을 설명해 볼까요?

학생 A  
에너지 전환 과정에서 역학적 에너지가 많이 발생하기 때문입니다.

학생 B  
손실되는 에너지와 일로 전환되는 에너지가 같기 때문입니다.

학생 C  
에너지 전환 과정에서 사용할 수 없는 열에너지가 발생하기 때문입니다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A      ② B      ③ C  
 ④ A, C      ⑤ B, C

### C 영구 기관

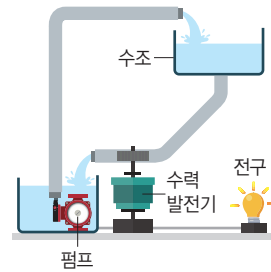
13 영구 기관에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 영구 기관은 영구적으로 일을 할 수 있는 기관이다.  
 ㄴ. 열효율이 100%인 영구 기관은 만들 수 없다.  
 ㄷ. 제1종 영구 기관과 제2종 영구 기관은 모두 에너지 보존 법칙에 위배된다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 수조에서 떨어지는 물을 이용해 수력 발전기에서 전기 에너지를 생산하는 영구 기관을 나타낸 것이다. 이 장치는 생산된 전기 에너지로 전구에 불을 켜고, 동시에 펌프를 작동시켜 물을 다시 수조로 끌어올려 무한히 전기 에너지를 생산한다.



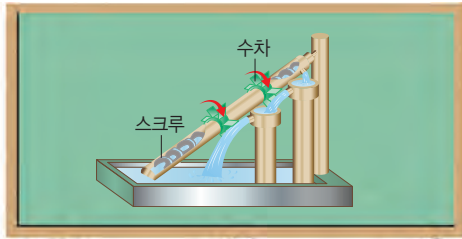
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 수조에서 나온 물이 낮은 곳으로 흐르는 것은 비가역 현상이다.  
 ㄴ. 제1종 영구 기관에 해당한다.  
 ㄷ. 에너지 보존 법칙을 만족한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ  
 ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄷ

**15** 그림은 수차를 보며 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



학생 A  
마찰과 저항에 의해 수차는 영구적으로 움직일 수 없어.

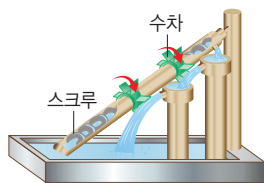
학생 B  
이 수차는 열역학 제 1법칙에 위배되지 않아.

학생 C  
이 수차는 제2종 영구 기관에 해당해.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A                      ② B                      ③ C
- ④ A, B                  ⑤ A, C

**16** 그림은 높은 곳에서 물이 내려오며 수차를 돌리고, 수차가 돌아가며 물을 높은 곳으로 퍼올리는 모습을 나타낸 것이다.



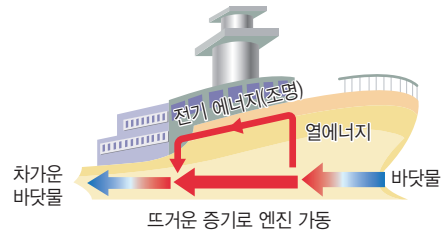
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 열역학 제1법칙에 위배된다.
- ㄴ. 열효율이 100%인 영구 기관에 해당한다.
- ㄷ. 외부에서 에너지를 공급하지 않아도 계속 일을 할 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                  ⑤ ㄴ, ㄷ

**중요** **17** 그림은 바닷물의 열로 작동하는 배와 작동 원리를 나타낸 것이다.



바닷물을 빨아들임 → 바닷물의 열에너지를 흡수하여 엔진을 작동 → 열을 빼앗긴 차가운 바닷물을 배출함

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 열역학 제1법칙에 위배된다.
- ㄴ. 열은 온도가 낮은 바닷물에서 뜨거운 엔진으로 스스로 이동한다.
- ㄷ. 열역학 제2법칙에 위배된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                  ⑤ ㄱ, ㄷ

**18** 다음은 영구 기관에 대한 신문 기사의 일부이다.

“무한 동력 영구 기관, 나도 발명 ...”

출력 에너지가 입력 에너지보다 큰 제1종 영구 기관은 ㉠( )에 위배된다. ㉡ 제2종 영구 기관은 공급받은 열에너지를 모두 일로 바꾸는 장치이다.

... (중략) ... 영구 기관은 신기루일 따름이라는 것이 상식인 근거이다. 물리학이 인정하지 않는, 꿈에서나 가능한 것이 영구 기관인 셈이다.

- ○○ 신문 20○○. ○○. ○○.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

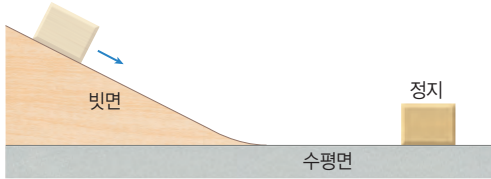
- ㄱ. ‘에너지 흐름의 방향성’은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. ㉡은 열효율이 100%인 기관이다.
- ㄷ. 열을 모두 일로 전환하는 것은 불가능하다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                  ⑤ ㄴ, ㄷ



# 실력 UP 문제

**01** 그림은 마찰이 없는 빗면에 가만히 놓은 물체가 미끄러져 내려와 마찰이 있는 수평면에서 정지한 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 빗면에 가만히 놓은 물체가 수평면에서 정지하는 과정은 비가역 현상이다.
- ㄴ. 마찰에 의해 발생한 열에너지는 저절로 다시 모여서 물체의 역학적 에너지로 전환될 수 있다.
- ㄷ. 마찰에 의한 열에너지가 다시 역학적 에너지로 전환되는 것은 열역학 제1법칙에 위배된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**02** 그림은 온도가  $T_A$ 인 열원 A에서  $8Q$ 의 열량을 흡수하여  $W$ 의 일을 하고 온도가  $T_B$ 인 열원 B로  $6Q$ 의 열량을 방출하는 열기관을 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?



보기

- ㄱ.  $T_A > T_B$ 이다.
- ㄴ.  $W$ 는  $6Q$ 이다.
- ㄷ. 열기관의 열효율은  $\frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

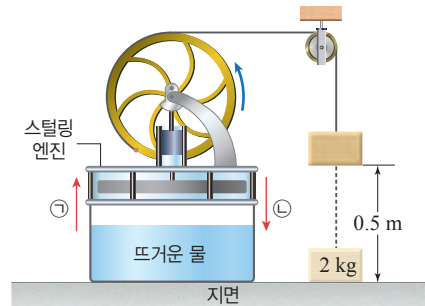
**03** 그림은 고열원에서  $4Q$ 의 열을 흡수하여 일을 하고 저열원으로  $3Q$ 의 열을 방출하는 열기관을 나타낸 것이다. 이 열기관이  $5Q$ 의 열을 흡수했을 때, 열기관이 한 일은  $W$ 이다.



$W$ 는? (단, 열기관의 열효율은 일정하다.)

- ①  $\frac{3}{4}Q$                 ②  $Q$                     ③  $\frac{5}{4}Q$
- ④  $\frac{3}{2}Q$                 ⑤  $\frac{7}{4}Q$

**04** 그림은 뜨거운 물이 담긴 비커 위에 스텔링 엔진을 올려 놓았더니 스텔링 엔진이 뜨거운 물로부터  $50\text{ J}$ 의 열에너지를 흡수하여 지면에 정지해 있던 질량이  $2\text{ kg}$ 인 물체를  $0.5\text{ m}$  들어 올린 후 정지한 것을 나타낸 것이다. 스텔링 엔진에서 열의 이동 방향은 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 중력 가속도는  $10\text{ m/s}^2$ 이며, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 스텔링 엔진에서 열의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㄴ. 스텔링 엔진이 한 일은  $5\text{ J}$ 이다.
- ㄷ. 스텔링 엔진의 열효율은  $0.2$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

## 01 / 역학적 에너지 보존

### 1. 일과 에너지

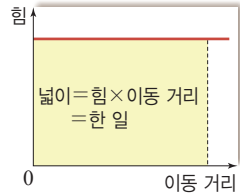
(1) **일:** 힘이 물체에 한 일  $W$ 는 작용한 힘의 크기  $F$ 와 힘의 방향으로 이동한 거리  $s$ 의 곱으로 나타낸다.

$$W = Fs \text{ [단위: J(줄)]}$$

(2) **알짜힘이 한 일( $W$ )의 부호와 의미**

$W > 0$	물체에 양(+)의 일을 해 주어 물체의 운동 에너지가 증가한다.
$W = 0$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물체에 작용하는 알짜힘이 0인 경우</li> <li>• 물체의 이동 거리가 0인 경우</li> <li>• 힘의 방향과 물체의 운동 방향이 수직일 때</li> </ul>
$W < 0$	물체에 작용하는 알짜힘의 방향과 물체의 이동 방향이 (①)인 경우

(3) **힘-이동 거리 그래프:** 힘-이동 거리 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 힘이 한 일을 나타낸다.



2. **운동 에너지** 운동하는 물체가 가진 에너지

$$E_k = \text{②} \text{ [단위: J]}$$

3. **일·운동 에너지 정리** 물체에 작용한 알짜힘이 한 일은 물체의 (③) 변화량과 같다.

$$W = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

4. **위치 에너지** 물체가 기준면으로부터 위치에 따라 가지는 잠재적인 에너지

중력이 작용하는 공간에서 물체가 (④)로부터 다른 위치에 있을 때 가지는 에너지  $\rightarrow E_p = mgh$

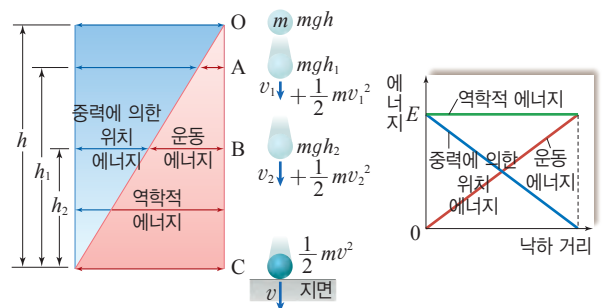
중력에 의한 위치 에너지

늘어나거나 압축된 용수철과 같이 변형된 물체가 가지는 에너지  $\rightarrow E_p = \frac{1}{2}kx^2$

탄성력에 의한 위치 에너지

### 5. 역학적 에너지 보존 법칙

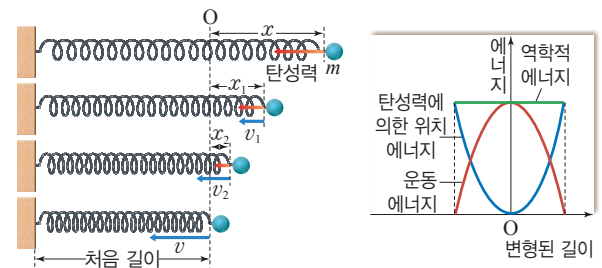
- (1) **역학적 에너지:** 물체의 운동 에너지( $E_k$ )와 (⑤) 에너지( $E_p$ )의 합
- (2) **중력에 의한 역학적 에너지 보존:** 물체가 중력만을 받아 자유 낙하하는 물체의 역학적 에너지는 보존된다.



$$mgh = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \text{일정}$$

물체가 올라갈 때	물체가 내려갈 때
중력에 의한 위치 에너지 증가량 = 운동 에너지 (⑥)	중력에 의한 위치 에너지 감소량 = 운동 에너지 (⑦)

(3) **탄성력에 의한 역학적 에너지 보존:** 수평면에서 용수철에 매달려 탄성력만을 받으며 운동하는 물체의 역학적 에너지는 보존된다.



$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \text{일정}$$

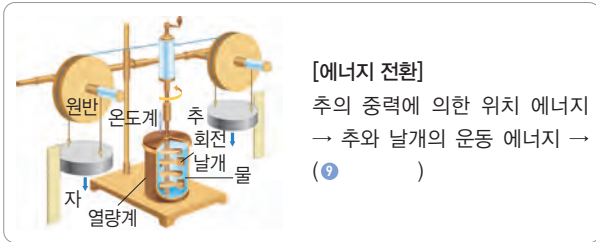
(4) **역학적 에너지 보존 법칙:** 마찰이나 공기 저항을 받지 않으면 역학적 에너지는 항상 일정하게 보존된다.

## 02 / 열과 에너지

**1. 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우** 물체에 마찰력이나 공기 저항력이 작용할 때, 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않고 마찰에 의한 (8) 등으로 전환된다.

### 2. 열의 일당량

(1) **줄의 실험 장치:** 추가 낙하하면서 열량계 속에 들어 있는 날개를 회전시키면 마찰에 의해 물의 온도가 올라간다.



[에너지 전환]  
추의 중력에 의한 위치 에너지 → 추와 날개의 운동 에너지 → (9)

(2) **열의 일당량:** 중력이 추에 한 일  $W$ 와 열량계 속에서 회전 날개와 물의 마찰로 발생한 열량  $Q$  사이에는 다음과 같은 관계가 성립하는데, 이때  $J$ 를 열의 일당량이라고 한다.

$$W = JQ \text{ (열의 일당량 } J = 4.2 \text{ J/cal)}$$

### 3. 에너지 보존

(1) **내부 에너지:** 물체를 이루는 입자들이 무작위 운동을 하면서 가지는 운동 에너지와 위치 에너지의 합 → 입자들의 무작위 운동이 활발할수록 물체의 온도가 (10).

(2) **열 전달:** 열이 (11)가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것

구분	내용
(12)	이웃한 분자들 사이의 충돌에 의한 에너지 전달에 의해 열이 이동하는 현상 → 고체에서 주로 일어남
(13)	온도가 다른 분자들의 밀도 차에 의해 물질이 직접 순환하면서 열이 이동하는 현상 → 유체에서 주로 일어남
복사	매질의 도움 없이 (14)의 형태로 열이 직접 이동하는 현상

### (3) 물질의 상태 변화와 잠열

① **물질의 상태 변화와 온도:** 물질이 상태 변화할 때 물질은 열을 흡수하거나 방출하는데, 이때 온도는 변하지 않는다.

② (15): 물질의 상태가 변할 때 방출하거나 흡수하는 열 [단위: J/kg]

③ **물의 잠열과 기상 현상:** 대기와 물이 순환하면서 (16)가 잠열의 상태로 흡수 또는 방출되는 과정에서 다양한 기상 현상이 일어난다.

## 03 / 열효율

### 1. 가역 현상과 비가역 현상

(17) 현상	외부와 상호작용 없이 원래 상태로 완전히 되돌아갈 수 있는 현상 예) 공기 저항과 마찰이 없는 상태에서 진동하는 진자
(18) 현상	한쪽 방향으로만 일어나 외부와의 상호작용 없이 원래의 상태로 되돌아갈 수 없는 현상 → 자연계에서 일어나는 대부분의 현상은 비가역 현상이다.

### 2. 열기관과 열효율

(1) **열기관:** 열에너지를 유용한 일로 바꾸는 장치, 즉 열이 역학적 에너지로 전환되는 장치

(2) **열기관의 열효율:** 열기관에 공급된 열  $Q_1$ 에 대해 열기관이 한 일  $W$ 의 비율



$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

(3) **열효율이 100%인 열기관:** 일은 모두 열로 바꿀 수 있으나, 열은 스스로 일을 할 수 없고 모두 일로 바꿀 수도 없다. → 열효율이 1(=100%)인 열기관은 존재하지 않는다.

### 3. 영구 기관 영구히 일을 계속할 수 있는 기관

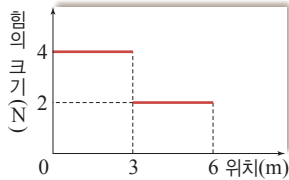
(1) (17) **영구 기관:** 외부로부터의 에너지 공급 없이 계속 일을 할 수 있는 기관 → 에너지 보존 법칙(열역학 제1법칙)에 위배되어 제작할 수 없다.

계속 도는 수차	계속 도는 회전판	펌프와 수차의 결합
물이 떨어지면서 수차를 돌리는 일을 하므로 떨어진 물을 원래 높이까지 끌어올릴 수 없다.	구슬이 회전판에 작용하는 힘은 회전축으로부터 거리가 멀수록 크므로 왼쪽 구슬과 오른쪽 구슬이 회전판에 작용하는 힘의 크기가 같다. 따라서 회전 원판이 회전하지 않는다.	왼쪽 관과 오른쪽 관의 물이 아래쪽으로 누르는 힘의 크기가 같아 물이 이동하지 않는다.

(2) (20) **영구 기관:** 열이 모두 일로 전환되어 열효율이 100%인 열기관 → 에너지 흐름의 방향성(열역학 제2법칙)에 위배되어 제작할 수 없다.



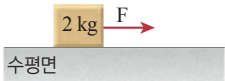
**01** 그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있던 질량이 2 kg 인 물체에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기를 물체의 위치에 따라 나타낸 것이다.



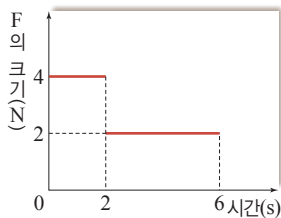
물체의 속력은 물체의 위치가 6 m일 때가 3 m일 때의 몇 배인가?

- ①  $\sqrt{\frac{2}{3}}$ 배      ②  $\sqrt{\frac{3}{2}}$ 배      ③  $\sqrt{2}$ 배
- ④  $\sqrt{3}$ 배      ⑤  $2\sqrt{3}$ 배

**02** 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 힘 F가 작용하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 F를 작용한 순간부터 F의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

0초부터 6초까지 F가 한 일은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

- ① 12 J      ② 24 J      ③ 36 J
- ④ 48 J      ⑤ 64 J

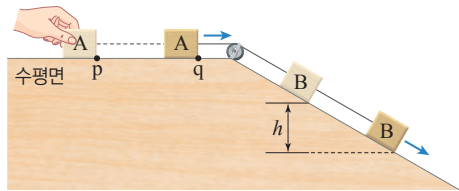
**03** 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 질량은 A가 B의 2배이고, (가)에서 A의 운동 에너지는  $E_0$ 이다.



(나)에서 B의 운동 에너지는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{2}{9}E_0$       ②  $\frac{1}{3}E_0$       ③  $\frac{4}{9}E_0$
- ④  $\frac{3}{5}E_0$       ⑤  $\frac{2}{3}E_0$

**04** 그림은 물체 A, B를 실로 연결하고 A를 수평면의 점 p에 가만히 놓은 후 A가 점 q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B는 높이 h만큼 내려간다. 질량은 A가 B의 2배이다.



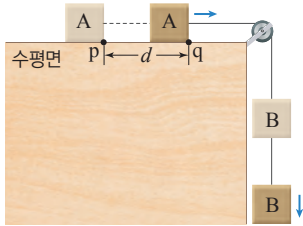
A가 p에서 q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

**보기**

- ㄱ. B의 역학적 에너지는 증가한다.
- ㄴ. A의 운동 에너지 증가량은 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량보다 크다.
- ㄷ. q에서 A의 속력은  $\sqrt{\frac{2}{3}gh}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림과 같이 물체 A, B를 실로 연결하고 A를 수평면의 점 p에 가만히 놓았더니 A가 등가속도 운동을 하여 점 q를 지난다. p와 q 사이의 거리는 d이다. A가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 운동 에너지 증가량은 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량의  $\frac{1}{3}$ 배이다.

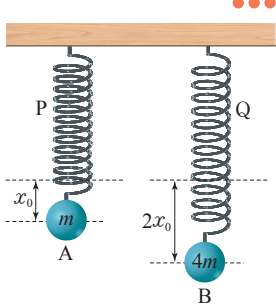


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. A가 q를 지날 때, 운동 에너지는 A가 B의 2배이다.
  - ㄴ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안, A의 운동 에너지 증가량은 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량의 2배이다.
  - ㄷ. A가 p에서 q까지 운동하는 동안, B의 역학적 에너지는 감소한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

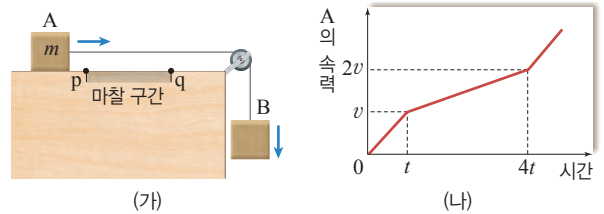
**06** 그림은 원래 길이가 같은 용수철 P, Q에 물체 A, B를 매달았더니 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. P, Q가 원래 길이로부터 늘어난 길이는 각각  $x_0$ ,  $2x_0$ 이고, A, B의 질량은 각각  $m$ ,  $4m$ 이다. A, B가 정지한 상태에서 P, Q를 각각 연직 아래 방향으로  $x_0$ 만큼 당겼다가 놓았을 때, A, B의 최대 속력은 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 이다.



$\frac{v_A}{v_B}$ 는? (단, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $\frac{\sqrt{2}}{2}$                       ②  $\frac{\sqrt{3}}{2}$                       ③  $\sqrt{2}$
- ④  $\sqrt{3}$                       ⑤  $\sqrt{5}$

**07** 그림 (가)는 수평면에 가만히 놓은 물체 A와 물체 B가 실로 연결되어 가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 A의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. A의 질량은  $m$ 이다. A가 운동하는 수평면의 점 p와 q 사이에만 마찰이 있다. 시간 0부터  $t$ 까지 A의 운동 에너지 증가량은  $E_0$ 이고 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은  $3E_0$ 이다.

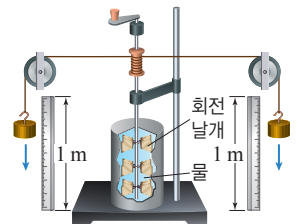


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. B의 질량은  $2m$ 이다.
  - ㄴ.  $t$ 부터  $4t$ 까지 B의 운동 에너지 증가량은  $6E_0$ 이다.
  - ㄷ.  $t$ 부터  $4t$ 까지 A, B의 역학적 에너지 감소량의 합은  $18E_0$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 줄의 실험 장치에 질량이 5 kg인 추 2개를 매달고 높이가 1 m인 지점에서 가만히 놓았더니 추가 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다.

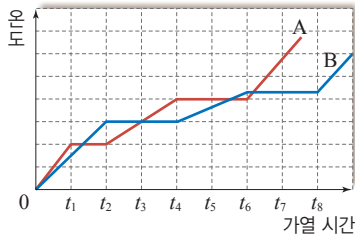


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 추의 중력에 의한 위치 에너지의 감소량은 모두 물의 온도 변화에만 사용되며, 실의 질량은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. 추 2개가 1 m 낙하했을 때, 물이 흡수한 열량은 100 J이다.
  - ㄴ. 추의 열에너지가 역학적 에너지로 전환된다.
  - ㄷ. 추의 낙하 거리가 클수록 물의 온도는 높아진다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**09** 그림은 질량이 같은 고체 A, B를 동일한 열 공급 장치로 가열할 때, 고체를 가열하는 순간부터 A, B의 온도를 가열 시간에 따라 나타낸 것이다.



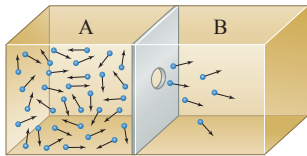
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ.  $t_8$ 일 때, B는 액체 상태이다.
- ㄴ. 녹는점은 A가 B보다 높다.
- ㄷ. 용해열은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**10** 그림은 밀폐된 상자를 칸막이로 나누고 영역 A에 기체를 채운 후 칸막이에 구멍을 뚫었더니 기체가 영역 B로 이동하는 것을 나타낸 것이다.



위 현상을 설명할 수 있는 물리 법칙으로 설명할 수 있는 현상만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 열효율이 100%인 열기관은 제작할 수 없다.
- ㄴ. 잉크를 물에 떨어뜨리면 잉크 분자는 주위로 확산되어 퍼진다.
- ㄷ. 찬물과 뜨거운 물을 섞으면 미지근한 물이 된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

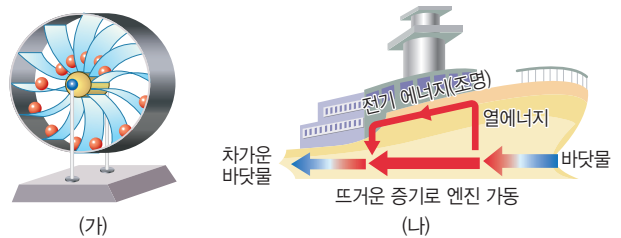
**11** 그림은 열효율이 0.3인 열기관이 고열원에서  $Q_1$ 의 열을 흡수하여 일을 하고 저열원으로  $Q_2$ 의 열을 방출하는 것을 나타낸 것이다.



$\frac{Q_1}{Q_2}$ 은?

- ①  $\frac{3}{5}$                       ②  $\frac{7}{10}$                       ③  $\frac{5}{3}$
- ④  $\frac{10}{7}$                       ⑤  $\frac{12}{7}$

**12** 그림 (가)는 쇠구슬에 작용하는 중력에 의해 바퀴가 회전하고 바퀴의 회전에 의해 구슬이 처음 위치로 되돌아오는 기관을, (나)는 바닷물을 끌어들여 바닷물의 열에너지를 동력으로 이용하는 배를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

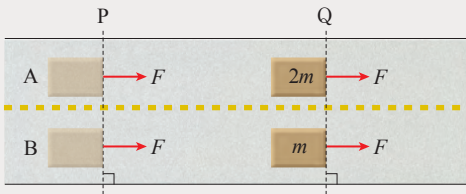
**보기**

- ㄱ. (가)에서 바퀴가 회전하는 동안 쇠구슬의 역학적 에너지는 일정하다.
- ㄴ. (가)는 외부에서 에너지 공급 없이 계속 작동이 가능하다.
- ㄷ. (나)는 열역학 제2법칙에 위배된다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

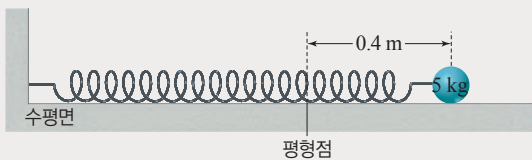
## 서술형 문제

**13** 그림은 마찰이 없는 수평면에서 기준선 P에 정지해 있던 물체 A, B에 수평 방향으로 크기가  $F$ 인 힘을 작용하여 A, B를 기준선 Q까지 이동시키는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $2m$ ,  $m$ 이다. A, B를 P에서 Q로 이동시킬 때까지 크기가  $F$ 인 힘이 한 일은 각각  $W_A$ ,  $W_B$ 이고, Q에서 A, B의 속력은 각각  $v_A$ ,  $v_B$ 이다. (단, A, B의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



- (1)  $W_A$ 와  $W_B$ 를 까닭과 함께 비교하시오.
- (2)  $v_A$ 와  $v_B$ 를 까닭과 함께 비교하시오.

**14** 그림과 같이 마찰이 없는 수평면 위에서 용수철에 질량이  $5\text{ kg}$ 인 물체를 매달아 평형점으로부터  $0.4\text{ m}$ 만큼 당긴 후 잡고 있다가 가만히 놓았다. 용수철 상수는  $200\text{ N/m}$ 이다.



물체의 운동 에너지와 용수철에 저장된 탄성력에 의한 위치 에너지가 같은 지점이 평형점으로부터 떨어진 거리를 풀이 과정과 함께 구하시오. (단, 용수철의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

**15** 그림 (가)는 고열이 날 때 미지근한 물을 몸에 발라 체온을 낮추는 것을, (나)는 얼음으로 만들어진 이글루 내부의 온도를 높이기 위해 얼음에 물을 뿌리는 모습을 나타낸 것이다.



(가)

(나)

- (1) (가)에서 몸에 물을 바르면 체온이 낮아지는 까닭을 물의 상태 변화와 관련지어 서술하시오.
- (2) (나)에서 얼음에 물을 뿌리면 내부의 온도가 높아지는 까닭을 물의 상태 변화와 관련지어 서술하시오.

**16** 그림은 온도가  $T_1$ 인 열원에서  $3Q$ 의 열을 흡수하여 일을 하고 온도가  $T_2$ 인 열원으로  $2Q$ 의 열을 방출하는 열기관을 나타낸 것이다.



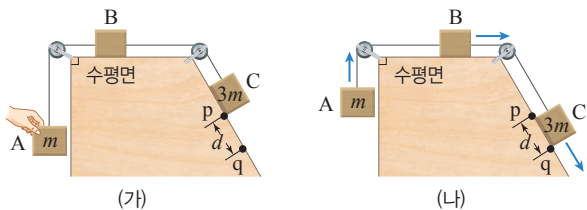
- (1)  $T_1$ 과  $T_2$ 를 까닭과 함께 비교하시오.
- (2) 열기관의 열효율을 풀이 과정과 함께 구하시오.



중단원

# 고난도 문제

**01** 그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 C가 빗면의 점 p에 정지해 있도록 A를 가만히 잡고 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 가만히 놓았더니 A, B, C가 등가속도 운동을 하여 C가 점 q를 지나는 것을 나타낸 것이다. 운동 에너지는 B가 A의 2배이고, C가 p에서 q까지 운동하는 동안 C의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은  $E_0$ 이며, A의 운동 에너지 증가량은 A의 중력에 의한 위치 에너지 증가량의  $\frac{2}{3}$ 배이다. A, C의 질량은 각각  $m$ ,  $3m$ 이고, p와 q 사이의 거리는  $d$ 이다.



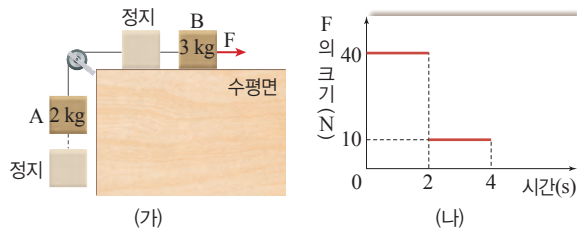
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항과 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. B의 질량은  $2m$ 이다.
- ㄴ.  $d = \frac{E_0}{4mg}$ 이다.
- ㄷ. C가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 운동 에너지 증가량은  $\frac{1}{5}E_0$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**02** 그림 (가)는 물체 A, B를 실로 연결하고 수평면에 정지해 있던 물체 B를 수평 방향으로 힘 F로 당기는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 F의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $2\text{ kg}$ ,  $3\text{ kg}$ 이다.



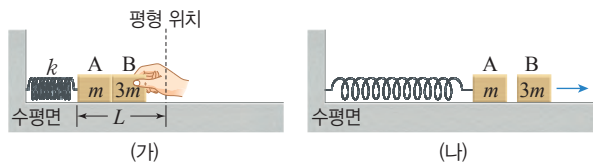
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10\text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 1초일 때, 실이 A를 당기는 힘의 크기는  $28\text{ N}$ 이다.
- ㄴ. 0초부터 2초까지 F가 한 일은  $300\text{ J}$ 이다.
- ㄷ. 4초일 때, B의 운동 에너지는  $28\text{ J}$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

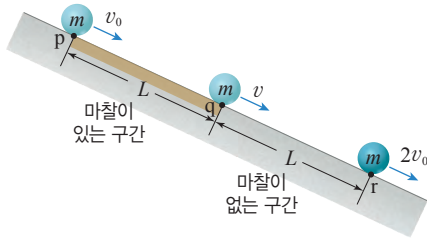
**03** 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 용수철 상수가  $k$ 인 용수철에 연결된 물체 A에 물체 B를 접촉시키고, 평형 위치에서 길이  $L$ 만큼 압축시켰다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 가만히 놓았더니 A와 B가 함께 운동하다가 분리된 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $m$ ,  $3m$ 이다. A와 B가 분리되는 순간 B의 속력은  $v$ 이고, A와 B가 분리된 후 용수철이 원래 길이로부터 최대 늘어난 길이는  $x$ 이다.



$v$ 와  $x$ 로 옳은 것은? (단, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $\frac{L}{4}\sqrt{\frac{k}{m}}$              $\frac{x}{3}$                       ②  $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$              $\frac{x}{3}$
- ③  $\frac{L}{4}\sqrt{\frac{k}{m}}$              $\frac{x}{2}$                       ④  $\frac{L}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$              $\frac{x}{2}$
- ⑤  $\frac{L}{4}\sqrt{\frac{k}{m}}$              $L$

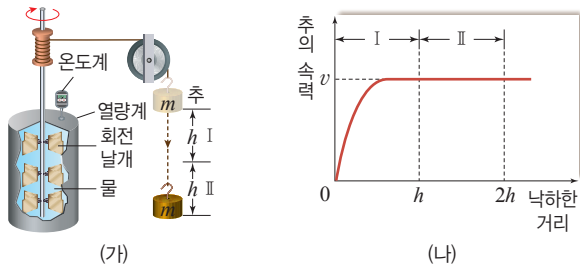
**04** 그림과 같이 질량이  $m$ 인 물체가 빗면을 따라 운동하며 점 p, q, r을 각각 속력  $v_0, v, 2v_0$ 으로 지난다. p와 q 사이의 거리와 q와 r 사이의 거리는  $L$ 로 같다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 물체에는 크기가 일정한 마찰력이 작용하며, 물체의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 물체의 역학적 에너지 감소량의 2배이다.



$v$ 는? (단, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$       ②  $\frac{1}{\sqrt{3}}v_0$       ③  $v_0$
- ④  $\sqrt{2}v_0$       ⑤  $\sqrt{3}v_0$

**05** 그림 (가)는 줄의 실험 장치에서 질량이  $m$ 인 추를 가만히 놓았더니 추가 구간 I, II를 지나며 낙하하는 모습을 나타낸 것이다. I, II의 길이는  $h$ 로 같다. 그림 (나)는 추의 속력을 낙하한 거리에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항, 회전축 및 도르래의 마찰, 실의 질량은 무시한다.)

**보기**

- ㄱ. 추의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 I에서가 II에서보다 크다.
- ㄴ. I에서 추의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 추의 운동 에너지 증가량보다 크다.
- ㄷ. 물이 얻은 열량은 I에서가 II에서보다 작다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**06** 다음은 마찰이 있는 수평면에서 운동하는 물체에 대한 설명이다.

마찰이 있는 수평면에서 물체가 운동하는 동안 ㉠ 물체의 운동 에너지는 열에너지로 전환된다.

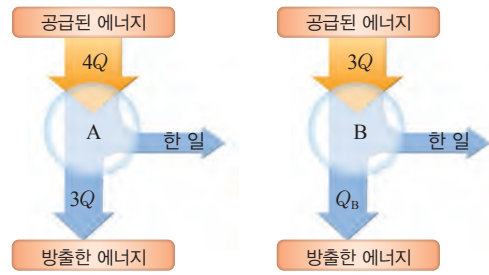
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 열역학 제1법칙에 위배된다.
- ㄴ. 가역 현상이다.
- ㄷ. 외부에서 일을 해 주면, ㉠과 반대 과정이 일어날 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

**07** 그림은 고열원에서 공급된 에너지로 일을 하고 에너지를 방출하는 열기관 A, B를 나타낸 것이다. A, B에 공급된 에너지가 각각  $4Q, 3Q$ 일 때, A, B가 방출한 에너지는 각각  $3Q, Q_B$ 이다. A, B의 열효율은  $e$ 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ.  $e = \frac{1}{4}$ 이다.
- ㄴ.  $Q_B = \frac{3}{4}Q$ 이다.
- ㄷ. B가 한 일은  $\frac{9}{4}Q$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ