

엔픽 · 통합과학 물리

기본탄탄 · 실력쑥쑥 집중

1 힘과 에너지

2 에너지와 열

05강

역학적 에너지와 열에너지의 전환

기본탄탄 · 실력쑥쑥

05강 역학적 에너지와 열에너지의 전환

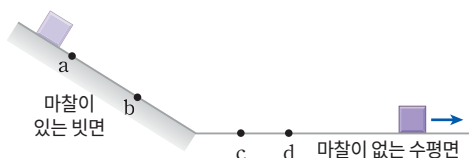
기본 탄탄 문제

1 역학적 에너지와 열

01 다음은 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 고르시오.

공기 저항이나 마찰이 작용할 때, 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않고 ㉠(증가, 감소)한다. 이때 역학적 에너지의 일부는 열에너지 등으로 전환되는데, 에너지의 총량은 ㉡(감소한다, 일정하다, 증가한다).

02 그림은 마찰이 있는 빗면에 가만히 놓은 물체가 점 a, b를 지나 마찰이 없는 수평면의 점 c, d를 지나며 운동하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오. (단, 공기 저항은 무시한다.)

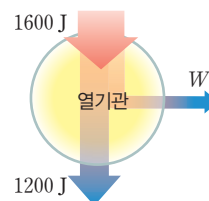
- (1) a에서 b까지 운동하는 동안 물체의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 같다. ()
- (2) 물체의 운동 에너지는 c에서와 d에서가 같다. ()
- (3) 물체의 역학적 에너지는 b에서와 d에서가 같다. ()

03 열의 형태로 전달된 에너지에 의한 현상에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 열은 반드시 물질을 통해서 이동한다. ()
- (2) 고체 물질이 액체 물질로 상태 변화 할 때 열에너지를 흡수한다. ()
- (3) 눈, 비, 바람과 같은 기상 현상이 일어나는 과정에서 열에너지를 방출하고, 흡수하지는 않는다. ()

2 에너지 효율

04 오른쪽 그림은 1600 J의 열에너지를 흡수하여 W만큼의 역학적 에너지로 전환하고, 1200 J의 열에너지를 외부로 방출하는 열기관을 모식적으로 나타낸 것이다.



- (1) W는 몇 J인가?
- (2) 이 열기관의 에너지 효율은 몇 %인가?

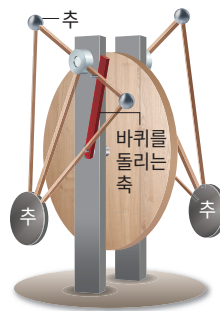
05 다음은 열기관의 에너지 효율이 중요한 까닭에 대한 설명이다. () 안에 들어갈 알맞은 말을 쓰거나 고르시오.

열기관에 필요한 열에너지는 주로 ()을/를 연소해 얻기 때문에 여러 문제가 뒤따른다. 열기관의 에너지 효율이 높을수록 같은 역학적 에너지를 얻는 데 사용하는 열에너지가 ㉠(크, 작)고, 방출하는 열에너지가 ㉡(크, 작)다. 따라서 열기관의 에너지 효율을 높이는 것은 중요하다.

3 영구 기관

06 다음은 어떤 기관에 대한 설명이다.

이 기관은 화석 연료를 비롯한 어떤 에너지를 외부에서 공급하지 않고도, 멈추지 않는 추의 왕복 운동을 동력으로 삼아 사람이나 물건을 나르는 것과 같은 일을 영원히 할 수 있는 기관이다.

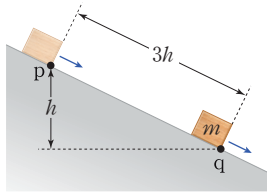


이 기관에 대한 설명으로 옳은 것은 ○표, 옳지 않은 것은 ×표 하시오.

- (1) 에너지 보존 법칙에 위배된다. ()
- (2) 과학기술이 발달하면 실현 가능하다. ()

역학적 에너지와 열

- 01** 오른쪽 그림은 빗면에서 질량이 m 인 물체가 등속 운동을 하며 점 p , q 를 지나는 모습을 나타낸 것이다. p 와 q 의 높이차는 h 이고, p 와 q 사이의 거리는 $3h$ 이다. 물체에는 크기가 F 로 일정한 마찰력이 작용한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

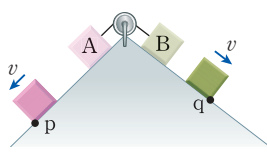


보기

- ㄱ. 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 p 에서 q 에서보다 크다.
- ㄴ. 물체가 p 에서 q 까지 운동하는 동안 역학적 에너지 감소량은 mgh 이다.
- ㄷ. $F = \frac{2}{3}mg$ 이다.

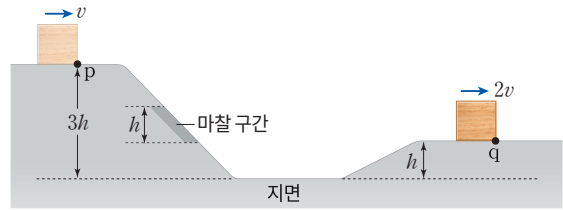
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 02** 오른쪽 그림은 실로 연결되어 마찰이 있는 빗면의 같은 높이에 정지해 있는 물체 A , B 를 나타낸 것이다. 실을 끊은 뒤 A , B 는 각각 점 p , q 를 속력 v 로 동시에 지난다. 질량은 A 와 B 가 같고, 높이는 q 가 p 보다 높다. 실을 끊은 순간부터 A , B 의 속력이 v 가 될 때까지, A , B 의 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 각각 ΔE_{pA} , ΔE_{pB} 이고, 역학적 에너지 감소량은 각각 ΔE_A , ΔE_B 이다. 에너지를 옳게 비교한 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항은 무시한다.)



- ① $\Delta E_{pA} < \Delta E_{pB}$ ② $\Delta E_{pA} = \Delta E_{pB}$
 ③ $\Delta E_A < \Delta E_B$ ④ $\Delta E_A = \Delta E_B$
 ⑤ $\Delta E_A > \Delta E_B$

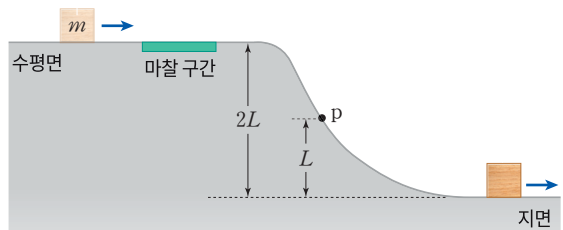
- 03** 그림은 점 p 를 속력 v 로 통과한 물체가 마찰 구간을 지나 점 q 를 속력 $2v$ 로 지나는 모습을 나타낸 것이다. 물체는 마찰 구간에서 일정한 속력으로 운동을 한다.



q 에서 물체의 운동 에너지를 E_1 , 중력에 의한 위치 에너지를 E_2 라고 할 때, $\frac{E_2}{E_1}$ 는? (단, 지면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 물체의 크기와 마찰 구간 외의 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{2}{5}$ ② $\frac{3}{5}$ ③ $\frac{3}{4}$
 ④ $\frac{4}{5}$ ⑤ $\frac{9}{10}$

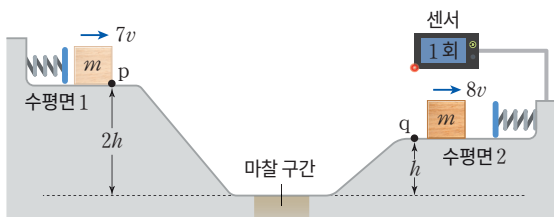
- 04** 그림은 지면으로부터 높이 $2L$ 인 수평면에서 운동하는 질량 m 인 물체가 마찰 구간과 점 p 를 지나 지면에서 등속 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 지면에서 물체의 운동 에너지는 마찰 구간을 통과하기 전 운동 에너지의 4 배이다. p 는 지면으로부터 높이가 L 이며, p 에서 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 2 배이다.



마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 감소량은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 지면에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이며, 물체의 크기와 마찰 구간 외의 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{1}{4}mgL$ ② $\frac{5}{8}mgL$ ③ $\frac{3}{4}mgL$
 ④ $\frac{7}{8}mgL$ ⑤ mgL

- 05** 그림은 질량 m 인 물체가 수평면 1의 p점에서 속력 $7v$ 로 운동하다가 수평면 마찰 구간을 지난 뒤, 수평면 2의 q점을 지나 속력 $8v$ 로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 물체가 q점을 지날 때마다 센서 화면의 숫자는 1씩 증가한다. 물체는 각 수평면의 용수철과 충돌 뒤 반대 방향으로 운동하며, 센서 화면에 '2 회'가 표시되어 있을 때 p점에 도달한 물체의 운동 에너지와 중력에 의한 위치 에너지는 같다. p, q점의 높이는 각각 마찰 구간으로부터 $2h$, h 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 마찰 구간에서 중력에 의한 위치 에너지는 0이고, 용수철의 질량, 물체의 크기와 마찰 구간 외의 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 물체가 마찰 구간을 통과할 때마다 역학적 에너지는 $2mv^2$ 만큼 감소한다.
- ㄴ. 센서 화면에 '4 회'가 표시되어 있을 때 물체는 수평면 1에 도달할 수 있다.
- ㄷ. 센서 화면에 표시될 수 있는 최댓값은 '8 회'이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

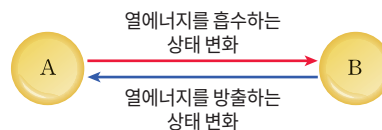
- 06** 다음은 열의 이동에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

- 07** 그림은 물질의 상태 A, B가 한 상태에서 다른 상태로 변하는 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. A, B는 고체나 기체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

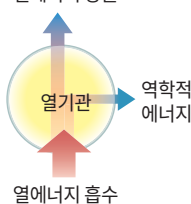
- ㄱ. 바다나 강의 물이 수증기로 상태가 변하는 것은 액체가 B로 되는 상태 변화와 같다.
- ㄴ. 구름 속 얼음 알갱이가 비로 내릴 때, A가 열에너지를 흡수하는 상태 변화가 일어난다.
- ㄷ. 공기 중의 수증기가 구름이 될 때 B가 A로 되는 상태 변화가 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

에너지 효율

- 08** 그림은 열기관이 열에너지를 흡수하고 방출하면서 열에너지의 일부를 역학적 에너지로 전환하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다. 표의 (가), (나)는 그림의 열기관이 흡수 및 방출한 열에너지를 나타낸 것이다.

열에너지 방출



구분	(가)	(나)
흡수한 열에너지	5Q	㉠
방출한 열에너지	3Q	2Q

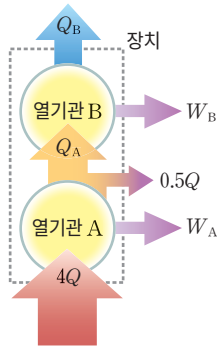
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 열기관의 에너지 효율은 0.6이다.
- ㄴ. ㉠은 4Q이다.
- ㄷ. 열기관이 전환한 역학적 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 09** 오른쪽 그림은 에너지 효율이 0.3으로 같은 두 열기관 A, B로 이루어진 가상의 장치를 나타낸 것이다. A가 $4Q$ 의 열에너지를 흡수하면 A로부터 W_A 만큼의 역학적 에너지를 얻고 방출한 열에너지 중 Q_A 는 B가 흡수하며, $0.5Q$ 의 열에너지를 장치 외부로 방출한다. B가 Q_A 를 흡수하면 B로부터 W_B 만큼의 역학적 에너지를 얻고 Q_B 의 열에너지를 장치 외부로 방출한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기

- ㄱ. $Q_A = 2.3Q$ 이다.
 ㄴ. $W_B = 0.69Q$ 이다.
 ㄷ. 장치의 에너지 효율은 0.6이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 10** 다음은 열기관의 에너지 효율을 높이는 것이 중요한 까닭에 대한 설명이다.

- (가) 열기관에 필요한 열에너지는 주로 (㉠)을/를 연소해 얻기 때문에 에너지 효율을 높여야 한다.
 (나) (㉡). 따라서 에너지 효율을 높여 열기관으로 역학적 에너지를 얻는 과정에서 ㉢ 방출하는 열에너지를 줄여야 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 화석 연료는 ㉠으로 적절하다.
 ㄴ. ㉡에는 '열기관을 작동할 때 재사용이 어려운 열에너지가 방출된다'는 내용이 들어가야 한다.
 ㄷ. ㉢이 중요한 까닭은 환경과는 관계가 없다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B 영구 기관

중요 ☆

- 11** 영구 기관에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 과학기술이 고도로 발전하면 실현할 수 있는 장치이다.
 ㄴ. 별도의 에너지를 공급하지 않아도 계속해서 외부에 일을 할 수 있는 기관을 뜻한다.
 ㄷ. 만약 마찰과 공기 저항이 없다면, 시계추와 같이 역학적 에너지가 보존되는 현상을 동력으로 삼아 영구 기관을 만들 수 있다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 12** 다음은 어떤 영구 기관에 대한 설명이다.



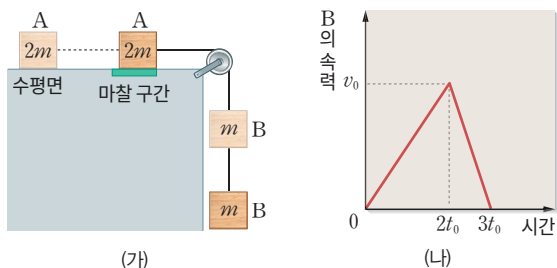
바닷물로부터 열에너지를 얻어 엔진을 작동하고, 열에너지를 잃어 차가워진 바닷물을 내보낸다. 즉, 바닷물로부터 얻은 열에너지로 역학적 에너지를 얻기 때문에 에너지 보존 법칙에 위배된다고 할 수 없어서 이 기관은 실현 가능하다. 이 기관은 열에너지를 방출하지 않으면서도 바닷물을 에너지원으로 하기 때문에 자원 고갈의 염려 또한 없다.

이 영구 기관이 실현 불가능한 까닭으로 가장 적절한 것은?

- ① 배에 장착할 만한 크기로 만들기 어렵기 때문이다.
 ② 배에만 사용할 수 있어서 경제성이 없기 때문이다.
 ③ 열이 바닷물에서 엔진으로 저절로 이동할 수 없기 때문이다.
 ④ 배가 물과 공기로부터 받는 저항 때문에 계속 작동할 수 없기 때문이다.
 ⑤ 바닷물의 운동 에너지가 중력에 의한 위치 에너지로 전환될 수 없기 때문이다.

단답형 · 서술형 문제

- 13** 그림 (가)와 같이 물체 A와 B를 실로 연결하고 수평면에 A를 가만히 놓았더니 A, B가 운동하다가 A가 마찰 구간의 끝에서 정지한 모습을 나타낸 것이다. A는 마찰 구간에서 운동 방향과 반대 방향으로 크기가 일정한 마찰력을 받는다. 그림 (나)는 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 마찰 구간 외의 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)



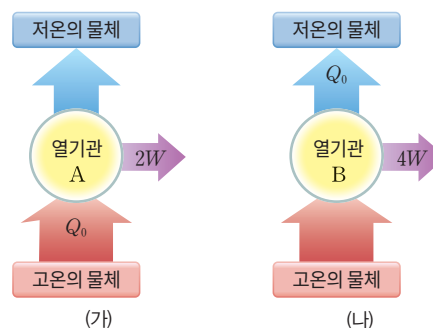
- (1) 마찰 구간이 아닌 곳에서 A의 가속도의 크기를 a_1 , 마찰 구간에서 A의 가속도의 크기를 a_2 라고 할 때, $a_1 : a_2$ 를 구하시오.
- (2) 마찰 구간에서 작용하는 마찰력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기의 몇 배인지 구하시오.
- (3) A가 정지할 때까지 감소한 역학적 에너지는 mgv_0t_0 의 몇 배인지 풀이 과정과 함께 구하시오.

- 14** 다음은 열기관의 에너지 효율을 높이는 것이 중요한 까닭에 대한 설명이다.

- (가) 열기관에 사용하는 화석 연료의 사용을 줄이기 위해서이다.
(나) 열기관의 에너지 효율이 낮을수록 버려지는 열에너지가 많아지기 때문이다.

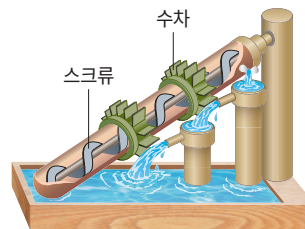
(가), (나)의 근거를 각각 에너지 효율을 이용해 설명하시오.

- 15** 그림 (가)는 고온의 물체로부터 Q_0 의 열에너지를 흡수하여 $2W$ 의 역학적 에너지로 전환하는 열기관 A를 나타낸 것이고, (나)는 고온의 물체로부터 열에너지를 흡수하여 $4W$ 의 역학적 에너지로 전환하고 Q_0 의 열에너지를 저온의 물체로 방출하는 열기관 B를 나타낸 것이다. A, B의 에너지 효율은 같고, 고온의 물체와 저온의 물체는 온도가 일정하게 유지된다.



- (1) B가 고온의 물체로부터 흡수한 열에너지를 풀이 과정과 함께 Q_0 을 이용하여 나타내시오.
- (2) A의 에너지 효율을 풀이 과정과 함께 구하시오.

- 16** 다음은 어떤 영구 기관에 대한 설명이다.



물이 낙하하면서 수차를 돌리면 스크류가 회전하면서 물을 다시 끌어 올린다. 이 물이 다시 낙하하면서 수차를 계속 돌리기 때문에 별도의 에너지 공급 없이 영원히 일을 할 수 있다.

이 영구 기관이 실현 불가능한 까닭을 설명하시오.

바른답 · 알찬풀이

기본탄탄문제 · 실력쑥쑥문제 해설
05강 역학적 에너지와 열에너지의 전환

기본 탄탄 문제

51 쪽

- 01 ㉠ 감소, ㉡ 일정하다 02 (1) × (2) ○ (3) ×
 03 (1) × (2) ○ (3) × 04 (1) 400 J (2) 25 %
 05 ㉠ 화석 연료, ㉡ 작, ㉢ 작 06 (1) ○ (2) ×

01 ㉠ ㉠ 감소, ㉡ 일정하다
 공기 저항이나 마찰이 작용할 때, 물체의 역학적 에너지의 일부는 열에너지 등으로 전환되면서 점점 감소한다. 하지만 에너지 총량은 일정하게 보존된다.

02 ㉠ (1) × (2) ○ (3) ×
 (1) 물체는 a에서 b까지 마찰이 있는 면에서 운동하므로 중력에 의한 위치 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량보다 크다.
 (2) 수평면에서는 마찰 및 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지가 보존되어 c와 d에서 물체의 운동 에너지는 같다.
 (3) 빗면에는 마찰이 있으므로 역학적 에너지가 감소한다. 따라서 물체의 역학적 에너지는 b에서 d에서보다 크다.

03 ㉠ (1) × (2) ○ (3) ×
 (1) 복사는 열이 물질을 통하지 않고 전자기파의 형태로 직접 전달되는 열전달 방식이다.
 (2) 고체에서 액체, 고체에서 기체, 액체에서 기체로 상태 변화 할 때 열에너지를 흡수하고, 그 반대의 상태 변화 과정에서는 열에너지를 방출한다.
 (3) 기상 현상이 일어나는 과정에서 물이 열에너지를 흡수해 수증기가 되거나, 공기 중의 수증기가 열에너지를 방출해 구름이 되는 등 열에너지를 흡수 및 방출하는 과정을 모두 포함한다.

04 ㉠ (1) 400 J (2) 25 %
 (1) 에너지 보존 법칙에 따라 열기관이 흡수한 열에너지는 전환한 역학적 에너지와 방출한 열에너지의 합과 같다.
 따라서 $1600 \text{ J} = W + 1200 \text{ J}$ 에서 $W = 400 \text{ J}$ 이다.
 (2) 에너지 효율 $e = \frac{W}{Q_1} = \frac{400 \text{ J}}{1600 \text{ J}} \times 100 \% = 25 \%$ 이다.

05 ㉠ ㉠ 화석 연료, ㉡ 작, ㉢ 작
 열기관에 필요한 열에너지는 주로 화석 연료를 연소해 얻는다. 화석 연료는 매장량에 한계가 있고, 연소 과정에서 환경 오염 물질이 나오기 때문에 사용량을 줄여야 한다. 열기관의 에너지 효율이 높을수록 같은 역학적 에너지를 얻는 데 사용하는 열에너지가 작고, 그 과정에서 방출하는 열에너지 또한 작다.

06 ㉠ (1) ○ (2) ×
 공급한 에너지가 없이 계속해서 외부에 일을 한다는 것은 에너지 보존 법칙에 위배된다. 따라서 이러한 기관은 과학기술의 발전과는 무관하게 실현 불가능하다.

일력 뚝뚝 문제

52~55 쪽

- 01 ㉢ 02 ㉤ 03 ㉢ 04 ㉢ 05 ㉡ 06 ㉢ 07 ㉤
 08 ㉢ 09 ㉢ 10 ㉡ 11 ㉠ 12 ㉢

단답형·서술형 문제

- 13 (1) ㉠ 1 : 2 (2) ㉠ 3 배
 (3) 예시 답안 감소한 역학적 에너지는 마찰력이 한 일과 같고, $2t_0 \sim 3t_0$ 동안 이동 거리는 $\frac{1}{2}v_0t_0$ 이므로 $3mg \times \frac{1}{2}v_0t_0 = \frac{3}{2}mgv_0t_0$ 이다. 즉, mgv_0t_0 의 $\frac{3}{2}$ 배만큼의 역학적 에너지가 감소했다.
- 14 예시 답안 (가): 같은 역학적 에너지를 얻더라도 에너지 효율이 높을수록 적은 열에너지를 공급하기 때문이다.
 (나): 같은 열에너지를 공급하더라도 에너지 효율이 높을수록 많은 양의 역학적 에너지를 얻어 방출하는 열에너지가 적기 때문이다.
- 15 (1) 예시 답안 에너지 효율은 A와 B가 같으므로 B가 고온의 물체로부터 흡수한 열에너지를 Q라고 하면 $\frac{2W}{Q_0} = \frac{4W}{Q}$ 에서 $Q = 2Q_0$ 이다.
 (2) 예시 답안 B가 흡수한 열에너지는 $2Q_0$ 이고 방출하는 열에너지는 Q_0 이므로 $4W = Q_0$ 이다. 따라서 B의 에너지 효율은 $\frac{Q_0}{2Q_0} = 0.50$ 이고, A의 에너지 효율 또한 0.50이다.
- 16 예시 답안 물의 역학적 에너지의 일부로 수차를 돌리는 일을 하므로, 끌어 올린 물은 처음에 가졌던 만큼의 역학적 에너지를 가질 수 없다. 즉, 물을 처음 높이까지 끌어 올릴 수 없기 때문에 실현 불가능하다.

01 ㉠ ㉢
 ㄱ. 물체의 높이는 p에서 q에서보다 크므로 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 p에서 q에서보다 크다.
 ㄴ. 물체가 빗면에서 등속 운동을 하므로 운동 에너지 변화량은 0이고, p에서 q까지 운동하는 동안 중력에 의한 위치 에너지의 감소량은 mgh 이다. 따라서 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지 감소량은 mgh 이다.

오답 피하기 ㄷ. 물체의 역학적 에너지 감소량은 마찰력이 한 일과 같으므로 $mgh = F \times 3h$ 에서 $F = \frac{1}{3}mg$ 이다.

02 ㉠ ㉤
 A, B가 실로 연결되어 정지해 있을 때, 중력에 의한 위치 에너지는 A와 B가 같다. 질량은 A와 B가 같고, 높이는 q가 p보다 높으므로 감소한 높이는 A가 B보다 크다. 따라서 $\Delta E_{pA} > \Delta E_{pB}$ 이다. 한편 A, B가 실로 연결되어 같은 높이에 정지해 있을 때 역학적 에너지는 A와 B가 같다. 또한 p, q에서 A와 B의 속력이 같으므로 p에서 A의 운동 에너지와 q에서 B의 운동 에너지는 같다.

따라서 p에서 A의 역학적 에너지는 q에서 B의 역학적 에너지보다 작다. 따라서 $\Delta E_A > \Delta E_B$ 이다.

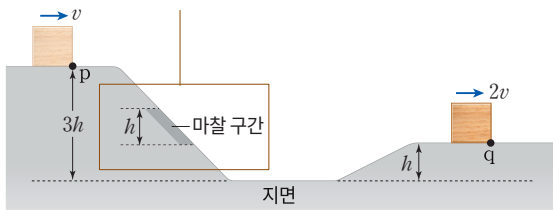
03

답 ③

자료 분석 ③ 마찰 구간에서 등속 운동을 하는 물체의 역학적 에너지 감소량

물체의 질량을 m , 중력 가속도를 g 라고 하면 마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 변화는 다음과 같다.

- 빗면의 마찰 구간을 물체가 등속 운동을 하여 내려간다.
- 등속 운동을 하므로 물체의 운동 에너지가 일정하다.
- 높이가 h 만큼 낮아지므로 중력에 의한 위치 에너지가 mgh 만큼 감소한다.
- 운동 에너지 변화량은 0, 중력에 의한 위치 에너지 감소량이 mgh 이므로 역학적 에너지 감소량은 mgh 이다.



마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 감소량은 중력에 의한 위치 에너지 감소량인 mgh 와 같다. 즉, p에서의 역학적 에너지로부터 mgh 만큼 감소한 값이 q에서의 역학적 에너지이다. 따라서 다음 식이 성립한다.

$$mg \times 3h + \frac{1}{2}mv^2 - mgh = mgh + \frac{1}{2}m \times (2v)^2$$

위 식을 정리하면 $v = \sqrt{\frac{2}{3}gh}$ 이므로 E_1, E_2 는 다음과 같다.

$$\bullet E_1 = \frac{1}{2}m \times (2v)^2 = \frac{4}{3}mgh \quad \bullet E_2 = mgh$$

따라서 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{4}$ 이다.

04

답 ④

마찰 구간을 통과하기 전 물체의 운동 에너지를 E_0 이라고 하면, 지면에서 물체의 운동 에너지는 $4E_0$ 이다. 마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 감소량을 $E_{\text{꺾}}$ 이라고 하면, 물체가 수평면에서 지면까지 운동하는 동안 역학적 에너지는 $E_{\text{꺾}}$ 만큼 감소한다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E_0 + mg \times 2L - E_{\text{꺾}} = 4E_0 \cdots (i)$$

p에서 물체의 중력에 의한 위치 에너지는 운동 에너지의 2 배이므로 역학적 에너지는 $mgL + \frac{1}{2}mgL = \frac{3}{2}mgL$ 이고, p에서 지면까지 역학적 에너지는 보존된다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{3}{2}mgL = 4E_0 \cdots (ii)$$

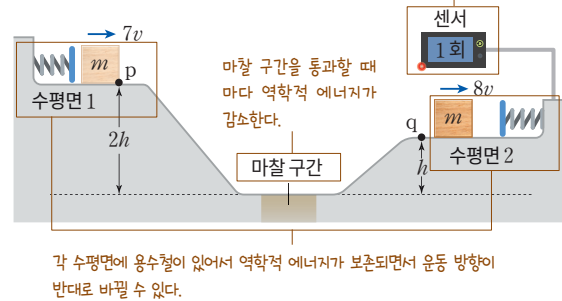
(i), (ii)를 연립하면 $E_{\text{꺾}} = \frac{7}{8}mgL$ 이다.

05

답 ②

자료 분석 ⑤ 마찰 구간을 통과한 횟수와 역학적 에너지 감소량

- ① 최초로 마찰 구간을 지나 q를 통과할 때 숫자가 1 올라간다.
- ② 최초로 수평면 2의 용수철에 부딪힌 뒤 q를 통과할 때 숫자가 1 올라간다.
- ③ 마찰 구간을 지나고 왼쪽 빗면을 갔다가 내려온 뒤 다시 마찰 구간을 지나 q를 통과할 때 숫자가 1 올라간다.
- ④ 용수철에 부딪힌 뒤 q를 통과할 때 숫자가 1 올라간다.
- ⑤, ⑥을 반복하므로 센서 화면에 표시된 숫자는 마찰 구간을 지나간 횟수로 볼 수 있다.



ㄴ. q점으로부터 온 물체가 마찰 구간을 통과한 순간의 운동 에너지가 p점에서의 중력에 의한 위치 에너지 $2mgh = \frac{79}{4}mv^2$ 보다 크면 수평면 1에 도달할 수 있다. 처음 역학적 에너지는 $2mgh + \frac{49}{2}mv^2 = \frac{177}{4}mv^2$ 이다. 한편 마찰 구간을 4 회 통과한 직후의 역학적 에너지, 즉 중력에 의한 위치 에너지의 기준면에서의 운동 에너지는 $\frac{177}{4}mv^2 - 4 \times \frac{19}{8}mv^2 = \frac{139}{4}mv^2$ 으로 $\frac{79}{4}mv^2$ 보다 크다. 따라서 수평면 1에 도달할 수 있다.

오답 피하기 ㄱ. 중력 가속도를 g 라고 할 때, 수평면 1에서 처음 역학적 에너지 $2mgh + \frac{49}{2}mv^2$ 과 수평면 2에서 처음 역학적 에너지 $mgh + 32mv^2$ 의 차이인 $mgh - \frac{15}{2}mv^2$ 이 마찰 구간을 1 번 통과할 때 감소한 역학적 에너지이다. 한편 물체가 q점을 지날 때마다 센서 화면에 표시된 숫자가 1씩 올라가므로, q점을 지나 수평면 2에 진입한 뒤 다시 q점을 지나 빗면을 내려가면 센서 화면에는 '2 회'가 표시된다. 따라서 센서 화면에 '2 회'가 표시되어 있을 때 물체가 p점에 도달했다는 것은 마찰 구간을 2 번 통과해 왔다는 의미이다. 그리고 이때 중력에 의한 위치 에너지와 운동 에너지가 같으므로 역학적 에너지는 $2mgh + 2mgh = 4mgh$ 이다. 이 역학적 에너지는 처음 수평면 1에서의 역학적 에너지에서 $mgh - \frac{15}{2}mv^2$ 이 2 번 감소한 값과 같다. 따라서 $2mgh + \frac{49}{2}mv^2 - 2(mgh - \frac{15}{2}mv^2) = 4mgh$ 에서 $mgh = \frac{79}{8}mv^2$ 이다. 즉, 마찰 구간을 1 번 통과할 때마다 $mgh - \frac{15}{2}mv^2 = \frac{79}{8}mv^2 - \frac{15}{2}mv^2 = \frac{19}{8}mv^2$ 만큼 역학적 에너지가 감소한다.

ㄷ. 물체의 역학적 에너지가 계속 감소하여 기준면에서의 운동 에너지가 q점에서 중력에 의한 위치 에너지보다 작아지면 물체가 q점까지 도달하지 못하여 센서 화면의 숫자가 더 증가하지 못한다. 즉, 마찰 구간을 통과한 횟수를 n 이라고 하면, 처음 역학적 에너지에서 마찰 구간을 n 번 통과한 뒤의 역학적 에너지가 $mgh = \frac{79}{8}mv^2$ 보다 커야 한다. 따라서 $\frac{79}{8}mv^2 < \frac{177}{4}mv^2 - n \times \frac{19}{8}mv^2$ 에서 $n < \frac{275}{19}$ 이므로 센서의 화면에 표시될 수 있는 최댓값은 14 회이다.

06

답 ③

A. 대류가 잘 일어나기 위해서는 열을 얻어 가벼워진 물질이 위로 올라가고, 상대적으로 차가운 윗부분의 물질이 아래로 내려오는 순환 과정을 거쳐야 한다. 따라서 중력이 작용하지 않는 무중력 상태에서는 대류가 일어나기 어렵다.

B. 복사는 열을 전달하는 물질이 없어도 전자기파 형태로 열을 전달하는 방식이다.

오답 피하기 C. 전도는 물질을 구성하는 입자 운동이 인접한 입자에 전달되면서 열을 전달하는 방식이다.

07

답 ⑤

고체가 기체가 되기 위해서는 열에너지를 흡수해야 하므로 A는 고체, B는 기체이다.

ㄱ. 물이 수증기로 상태가 변하는 것은 액체가 열에너지를 흡수하여 B와 같은 기체가 되는 것과 같은 상태 변화이다.

ㄴ. 얼음 알갱이가 비가 되기 위해서는 A와 같은 고체 상태인 얼음이 열에너지를 흡수하여 액체 상태인 물이 되는 상태 변화가 일어나야 한다.

ㄷ. 공기 중의 수증기가 구름이 되기 위해서는 물방울이나 얼음 알갱이로 상태가 변해야 한다. 즉, 기체가 고체가 되는 상태 변화가 일어난다.

08

답 ③

ㄷ. (가)에서 열기관이 전환한 역학적 에너지는 $2Q$ 이고, (나)에서 열기관이 전환한 역학적 에너지는 $\frac{10}{3}Q - 2Q = \frac{4}{3}Q$ 이다.

따라서 열기관이 전환한 역학적 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

오답 피하기 ㄱ. (가)에서 에너지 보존 법칙에 의해 열기관이 전환한 역학적 에너지는 $5Q - 3Q = 2Q$ 이다. 따라서 열기관의 에너지 효율은 $\frac{2Q}{5Q} = 0.4$ 이다.

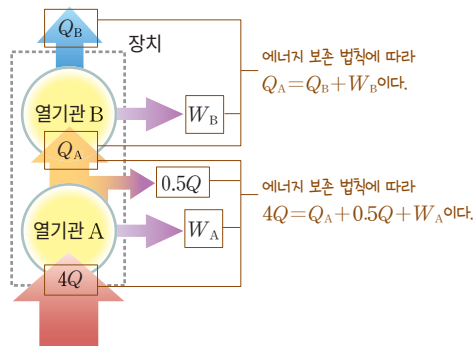
ㄴ. 열기관의 에너지 효율은 (가), (나)에서 0.4로 같으므로 $0.4 = \frac{\textcircled{7} - 2Q}{\textcircled{7}}$ 에서 $\textcircled{7} = \frac{10}{3}Q$ 이다.

09

답 ③

자료 분석 열기관에서의 에너지 보존 법칙

에너지 보존 법칙에 따라 열기관이 흡수한 열에너지는 전환한 역학적 에너지와 방출한 열에너지의 합과 같다.



ㄱ, ㄴ. A의 에너지 효율은 0.3이므로 $0.3 = \frac{W_A}{4Q}$ 에서 $W_A = 1.2Q$ 이다. 에너지 보존 법칙에 따라 $4Q = 1.2Q + Q_A + 0.5Q$ 에서 $Q_A = 2.3Q$ 이다. B의 에너지 효율 또한 0.3이므로 $0.3 = \frac{W_B}{2.3Q}$ 에서 $W_B = 0.69Q$ 이다. 에너지 보존 법칙에 따라 $2.3Q = 0.69Q + Q_B$ 에서 $Q_B = 1.61Q$ 이다.

오답 피하기 ㄷ. 장치에 공급한 열은 $4Q$, 장치로부터 얻은 역학적 에너지는 $W_A + W_B = 1.2Q + 0.69Q = 1.89Q$ 이다. 따라서 장치의 에너지 효율은 $\frac{1.89Q}{4Q} = 0.4725$ 이다.

10

답 ②

ㄱ. 열기관에 필요한 열에너지는 주로 석탄, 석유와 같은 화석 연료를 연소해 얻는다.

ㄴ. 열기관을 작동할 때 반드시 재사용이 어려운 열에너지가 방출된다. 따라서 에너지 효율을 높여서 같은 양의 역학적 에너지를 얻더라도 방출되는 열에너지를 줄여야 한다.

오답 피하기 ㄷ. 열기관을 사용하는 과정에서 방출되는 열에너지는 대기 오염 물질이나 온실 기체와 함께 방출된다. 따라서 방출되는 열에너지를 줄이는 것은 환경적, 경제적 측면에서 모두 중요하다.

11

답 ①

ㄴ. 영구 기관은 별도의 에너지를 공급하지 않아도 계속해서 외부에 일을 할 수 있는 기관을 뜻한다.

오답 피하기 ㄱ. 영구 기관은 에너지 보존 법칙 등에 위배되므로 과학기술의 발전과 관계없이 실현할 수 없다.

ㄷ. 마찰과 공기 저항이 없더라도, 역학적 에너지의 일부가 외부의 일로 전환되면 역학적 에너지가 보존되지 않고 점점 감소한다. 따라서 역학적 에너지가 보존되는 현상을 동력으로 삼더라도 영구 기관으로 만들 수 없다.

12



만약 엔진이 바닷물로부터 계속해서 열에너지를 얻는다면 엔진의 온도가 점점 높아진다. 하지만 별도의 장치 없이 열이 온도가 낮은 바닷물에서 온도가 높은 엔진으로 저절로 이동하는 것은 불가능하다. 따라서 이 영구 기관은 실현할 수 없다.

13

(1) 시간에 따른 속력 그래프의 기울기는 가속도와 같으므로

$$a_1 = \frac{v_0}{2t_0}, a_2 = \left| \frac{-v_0}{t_0} \right| = \frac{v_0}{t_0} \text{이다. 따라서 } a_1 : a_2 = 1 : 2 \text{이다.}$$

(2) 마찰 구간이 아닌 곳에서 A에 작용하는 알짜힘은 실이 A를 당기는 힘 T_1 과 같고, B에 작용하는 알짜힘은 B에 작용하는 중력과 실이 B를 당기는 힘의 합력과 같다. 따라서 이와 관련하여 뉴턴 제2법칙을 다음과 같이 적용할 수 있다.

$$\bullet A: 2m \times \frac{v_0}{2t_0} = T_1 \quad \bullet B: mg - T_1 = m \times \frac{v_0}{2t_0}$$

위 두 식을 연립해 T_1 을 소거하여 정리하면 $\frac{2}{3}g = \frac{v_0}{t_0}$ 이다.

마찰 구간에서 A에 작용하는 알짜힘은 실이 A를 당기는 힘 T_2 와 마찰력 F 의 합력과 같고, B에 작용하는 알짜힘은 B에 작용하는 중력과 실이 B를 당기는 힘의 합력과 같다. 따라서 이와 관련하여 뉴턴 제2법칙을 다음과 같이 적용할 수 있다.

$$\bullet A: -2m \times \frac{v_0}{t_0} = T_2 - F \quad \bullet B: mg - T_2 = -m \times \frac{v_0}{t_0}$$

위 두 식을 연립해 T_2 를 소거하고 $\frac{2}{3}g = \frac{v_0}{t_0}$ 을 대입해 정리하면 $F = 3mg$ 이다.

(3) 감소한 역학적 에너지는 마찰력이 한 일과 같다. $2t_0$ 부터 $3t_0$ 까지 이동한 거리를 그래프 아랫부분의 넓이로 구하면 $\frac{1}{2}v_0 t_0$ 이다.

따라서 마찰력이 물체에 한 일은 $3mg \times \frac{1}{2}v_0 t_0 = \frac{3}{2}mgv_0 t_0$ 으로 $mgv_0 t_0$ 의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

채점 기준	배점(%)
역학적 에너지 감소량이 마찰력이 한 일과 같음을 이용하여 감소한 역학적 에너지가 $mgv_0 t_0$ 의 몇 배인지를 옳게 구한 경우	100
역학적 에너지 감소량을 $0 \sim 3t_0$ 까지 B의 중력에 의한 위치 에너지 감소량을 이용해 구한 경우에도 정답 인정	100
풀이 과정이 없이 감소한 역학적 에너지가 $mgv_0 t_0$ 의 몇 배 인지만 옳게 쓴 경우	40

14

열기관을 작동하기 위해 필요한 열에너지는 주로 화석 연료를 연소하여 얻는다. 화석 연료는 매장량에 한계가 있고, 사용 과정에서 환경 오염 물질과 온실 기체가 배출된다. 열기관의 에너지 효율을 높이면 같은 역학적 에너지를 얻기 위해 공급하는 열에너지

를 줄일 수 있다. 즉, 열기관의 에너지 효율을 높이면 사용하는 화석 연료의 양을 줄일 수 있다.

또, 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하기 때문에 열기관을 사용하는 과정에서 반드시 방출되는 열에너지가 생긴다. 이렇게 방출되는 열에너지는 다시 사용하기 어렵고, 지구 온난화에 좋지 않은 영향을 미친다. 열기관의 에너지 효율을 높이면 같은 열에너지를 공급하더라도 방출되는 열에너지를 줄일 수 있다.

채점 기준	배점(%)
(가), (나)의 근거를 모두 에너지 효율과 연관해 얻은 역학적 에너지, 공급 및 방출하는 열에너지의 관계를 들어 옳게 설명한 경우	100
(가), (나) 중 한 가지만 에너지 효율과 연관해 얻은 역학적 에너지, 공급 및 방출하는 열에너지의 관계를 들어 옳게 설명한 경우	50
환경 오염 물질이나 온실 기체 배출을 줄이기 위해서라고 설명한 경우	20

15

(1) A의 에너지 효율은 $\frac{2W}{Q_0}$ 이고, B가 고온의 물체로부터 흡수한 열에너지를 Q 라고 하면 B의 에너지 효율은 $\frac{4W}{Q}$ 이다. A, B

의 에너지 효율은 같으므로 $\frac{2W}{Q_0} = \frac{4W}{Q}$ 에서 $Q = 2Q_0$ 이다.

채점 기준	배점(%)
B가 흡수한 열에너지를 A, B의 에너지 효율이 같음을 이용하여 옳게 구한 경우	100
풀이 과정이 없이 B가 흡수한 열에너지만 옳게 쓴 경우	40

(2) B는 $2Q_0$ 의 열에너지를 흡수해 Q_0 의 열에너지를 방출했으므로 B가 전환한 역학적 에너지 $4W = 2Q_0 - Q_0 = Q_0$ 이다. 따라서 A가 전환한 역학적 에너지 $2W$ 는 Q_0 의 0.5 배인 $0.5Q_0$ 이다. 따라서 A의 에너지 효율은 $\frac{0.5Q_0}{Q_0} = 0.5$ 이다.

채점 기준	배점(%)
B가 전환한 역학적 에너지를 구해 B의 에너지 효율을 구하고, 이를 통해 A의 에너지 효율을 옳게 구한 경우	100
B가 전환한 역학적 에너지를 먼저 구하고, 이를 통해 A가 전환한 역학적 에너지를 구해 A의 에너지 효율을 옳게 구한 경우에도 정답 인정	100
풀이 과정이 없이 A의 에너지 효율만 옳게 쓴 경우	40

16

높은 곳에서 떨어지는 물은 역학적 에너지를 갖는다. 물은 떨어지면서 역학적 에너지의 일부로 수차를 돌리는 일을 한다. 따라서 에너지 보존 법칙에 따라 수차로 끌어 올려진 물은 처음에 가졌던 만큼의 역학적 에너지를 가질 수 없다. 즉, 물이 처음 높이 만큼 끌어 올려지지 못하기 때문에 수차가 계속 작동할 수 없다.