



Physics

열과 에너지 보존

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

Albert Einstein (1879-1955)

역학적 에너지와 열에너지의 전환

1 cal의 열을 발생시키는 데 약 4.2 J의 일이 필요

$$W = JQ \quad (J = 4.2J/cal)$$

온도

물체의 차갑고 따뜻한 정도를 수치로 나타낸 물리량

절대온도 T 와 섭씨온도 t 의 관계 : $T = 273 + t$

열

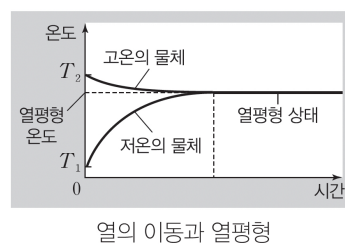
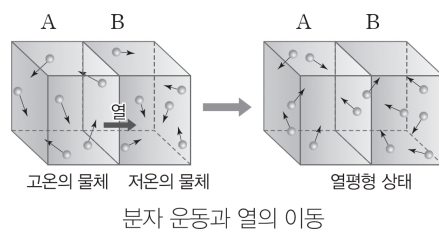
물체의 온도와 상태를 변화시키는 원인으로, 에너지의 일종이므로 열에너지라고도 한다

열의 이동

열은 저절로 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 이동한다. 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동한 열에너지의 양을 열량이라고 하며, 열량의 단위는 kcal 또는 J을 사용한다.

열평형 상태

온도가 다른 두 물체 사이에서 열이 이동하여 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태



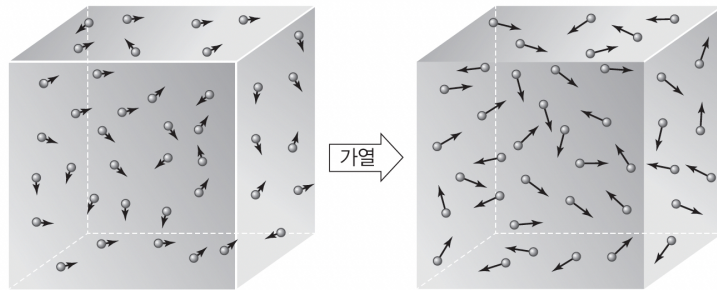
기체의 내부에너지

내부 에너지 (U)

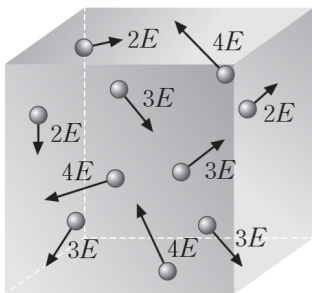
기체 분자의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합

이상 기체는 분자 사이의 인력이 없으므로 퍼텐셜 에너지가 없다.

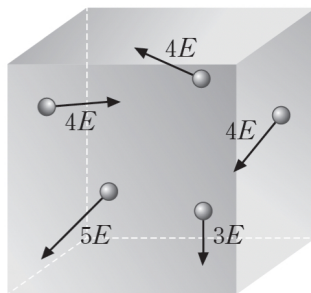
이상 기체의 내부에너지는 운동 에너지만의 총합으로 나타나고, 절대 온도에 비례한다



온도가 낮은 기체를 가열하여 온도가 높은 기체로 변화시키면 기체의 내부 에너지는 증가한다.



(가)



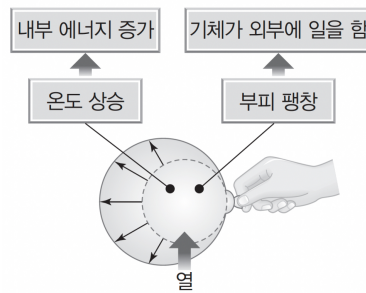
(나)

- (가), (나)의 이상 기체의 내부에너지를 각각 구하시오.
- (가), (나)의 이상 기체의 평균 운동 에너지를 각각 구하시오.
- 절대온도의 크기를 대소비교 하시오.

열역학 제1법칙

기체가 흡수한 열량(Q)은 기체의 내부 에너지 증가량(ΔU)과 기체가 외부에 한 일(W)의 합과 같다. 열역학 제1법칙은 에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환될 수 있지만 에너지의 총량은 변하지 않는다는 것을 뜻하므로 에너지 보존 법칙을 의미한다.

$$Q = \Delta U + W$$



제1종 영구 기관

외부에서 에너지를 공급받지 않아도 계속 작동하는 열기관을 제1종 영구기관이라고 한다. 제1종 영구 기관은 열역학 제1법칙, 즉 에너지 보존 법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.



개념 기본 문제

01 그림과 같이 굴러가던 공의 속력이 감소하여 정지하였다.

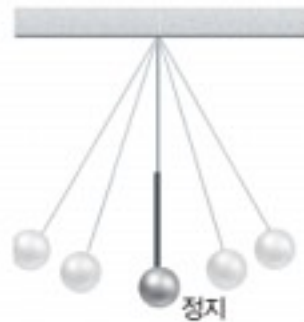


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

보기

- ㄱ. 공의 역학적 에너지는 감소한다.
- ㄴ. 공의 속력이 감소하는 동안 열이 발생한다.
- ㄷ. 역학적 에너지와 열에너지를 포함한 에너지의 총량은 항상 보존된다.

02 그림과 같이 진자를 옆으로 당겼다 가만히 놓으면 진동을 하다가 진폭이 점차 감소하며 정지한다.

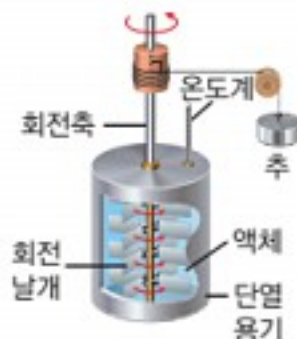


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 모두 고르시오.

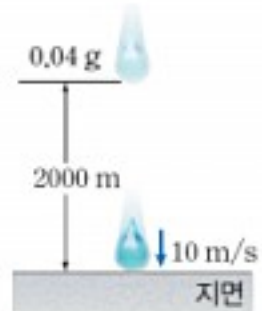
보기

- ㄱ. 진동하는 동안 진자와 공기 입자의 충돌에 의해 진자에서 공기 입자로 에너지가 전달된다.
- ㄴ. 진자의 진폭이 감소하는 동안 진자의 역학적 에너지도 감소한다.
- ㄷ. 진자가 운동을 시작하여 정지할 때까지 전체 에너지의 총량은 보존되지 않는다.

03 그림은 줄의 실험 장치를 모식적으로 나타낸 것이다. 추의 역학적 에너지가 8400 J 감소할 때 물에서 발생한 열량은 2000 cal이다. 이 실험에서 구한 열의 일당량을 구하시오.



04 그림은 질량이 0.04 g인 물방울이 높이 2000 m에 정지해 있다 낙하하여 지면에 10 m/s의 속력으로 도달하는 것을 나타낸 것이다.

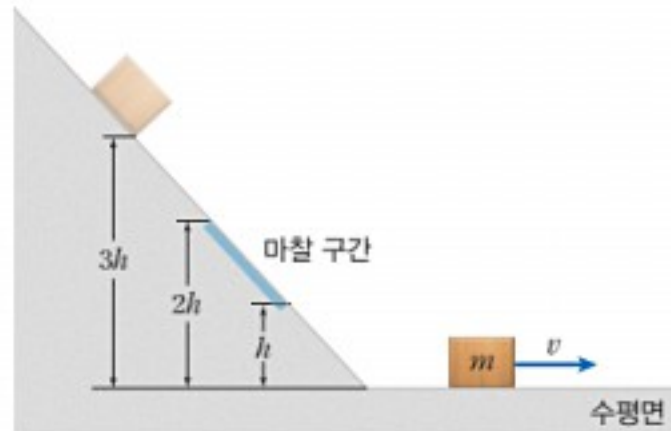


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 낙하하는 동안 물방울의 질량은 변하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 낙하하는 동안 물방울의 역학적 에너지 일부는 열에너지로 전환된다.
- ㄴ. 물방울이 지면에 도달하는 순간까지 감소한 역학적 에너지는 0.798 J이다.
- ㄷ. 낙하하는 동안 증가한 물방울의 열에너지는 0.798 J이다.

05 그림은 질량이 m 인 물체를 높이 $3h$ 인 곳에서 가만히 놓으니 경사면을 내려와 수평면에서 v 의 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 마찰 구간은 높이 $2h$ 에서 h 까지이며, 물체는 마찰 구간에서 등속도로 운동하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오. (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 마찰 구간 외의 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 높이 $2h$ 인 곳에 도달하는 순간 물체의 속력은 $\sqrt{2gh}$ 이다.
- ㄴ. 물체가 높이 $3h$ 인 곳에서 수평면까지 이동하는 동안 역학적 에너지는 보존된다.
- ㄷ. $v = \sqrt{6gh}$ 이다.

06 온도와 열에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 온도는 물체의 뜨겁고 차가운 정도를 수치로 나타낸 것이다.
- ② 열은 물체의 온도를 변화시키는 원인이다.
- ③ 상태 변화가 없을 때 물체가 열을 흡수하면 온도가 올라간다.
- ④ 온도가 낮을수록 물체를 구성하는 입자 운동이 활발하다.
- ⑤ 열이 이동하는 방법에는 전도, 대류, 복사가 있다.

07 그림과 같이 온도계가 꽂힌 통에 모래를 담고 통을 위아래로 여러 번 흔들다 멈추었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오



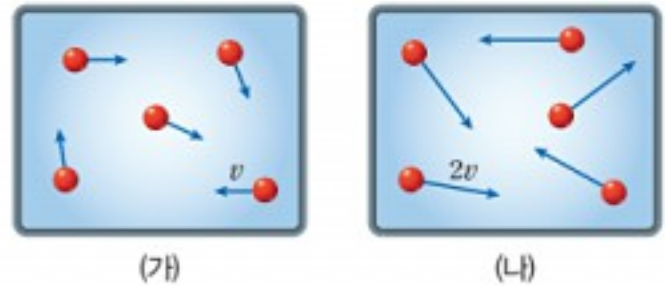
- 보기
- ㄱ. 온도계의 온도가 올라간다.
 - ㄴ. 사람이 한 일이 열에너지로 전환된다.
 - ㄷ. 사람이 한 일의 총량은 통에서 발생한 열에너지 양보다 작다.

08 그림은 주전자에 담긴 물을 가열할 때 물이 순환하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오



- 보기
- ㄱ. 열을 흡수한 물 입자의 운동이 활발해진다.
 - ㄴ. 물의 온도가 높아지면 물의 밀도가 작아진다.
 - ㄷ. 위의 방법으로 열이 이동하는 것을 대류라고 한다.

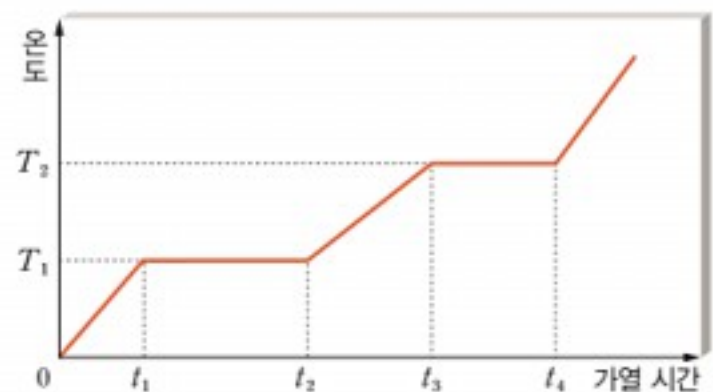
09 그림 (가)와 (나)는 부피가 동일한 2개의 밀폐된 용기 속에 동일한 이상 기체가 같은 입자 수만큼 들어 있고, 각각의 입자 평균 속력이 v , $2v$ 인 것을 나타낸 것이다.



(나)의 기체가 (가)의 기체보다 큰 물리량만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

- 보기
- ㄱ. 압력
 - ㄴ. 온도
 - ㄷ. 내부 에너지

10 그림은 고체 상태의 물체 1 kg을 가열하는 동안 물체의 온도를 가열 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오

- 보기
- ㄱ. $t_1 \sim t_2$ 동안 물체는 고체에서 액체 상태가 된다.
 - ㄴ. $t_1 \sim t_2$ 동안 물체가 흡수한 열량은 입자 사이의 결합을 끊는 데 사용된다.
 - ㄷ. $t_3 \sim t_4$ 동안 사용된 열량을 기화열이라고 한다.

개념 적용 문제

➤ 역학적 에너지와 열에너지

01 그림과 같이 질량이 m 인 물체가 v 의 속력으로 거리 s 인 마찰 구간을 이동한 후 정지한다.



➤ 마찰에 의해 물체의 속력이 감소하므로 물체의 운동 에너지가 열에너지로 전환된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 마찰 구간 외의 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

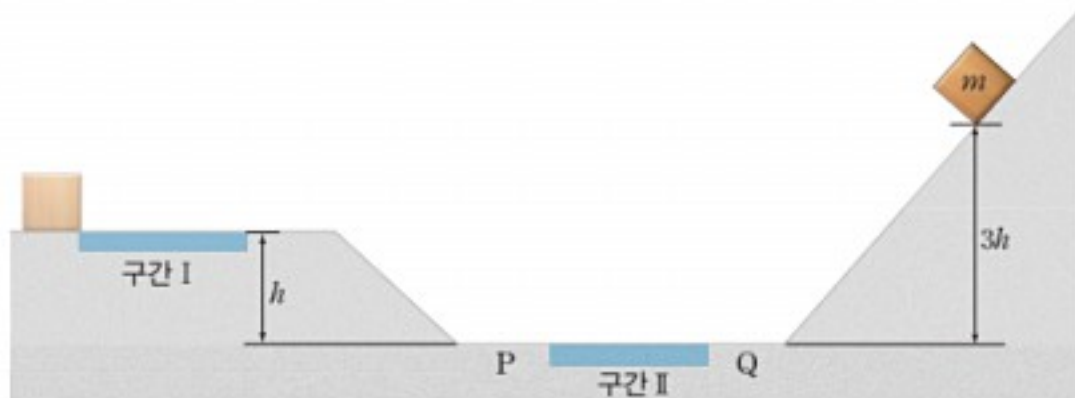
- 보기
- ㄱ. 마찰 구간에서 열이 발생한다.
 - ㄴ. 마찰 구간에서 물체의 운동 에너지는 열에너지로 전환된다.
 - ㄷ. 마찰 구간에서 마찰력이 물체에 한 일은 $-\frac{1}{2}mv^2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지와 열에너지

02 그림과 같이 높이 h 인 수평면에서 정지해 있는 질량이 m 인 물체가 구간 I에서 일을 받아 운동하여 경사면을 내려가 P점을 지난 후, 구간 II에서 운동 반대 방향의 일을 받고 Q점을 지나 반대쪽 경사면의 높이 $3h$ 에서 속력이 0이 된다. 구간 I에서 물체가 받은 일의 크기는 구간 II에서 받은 일의 크기의 2배이다.

➤ 물체에 한 일만큼 역학적 에너지가 변한다. 물체의 운동 방향으로 일을 하면 역학적 에너지가 증가하고, 운동 반대 방향으로 일을 하면 역학적 에너지가 감소한다.



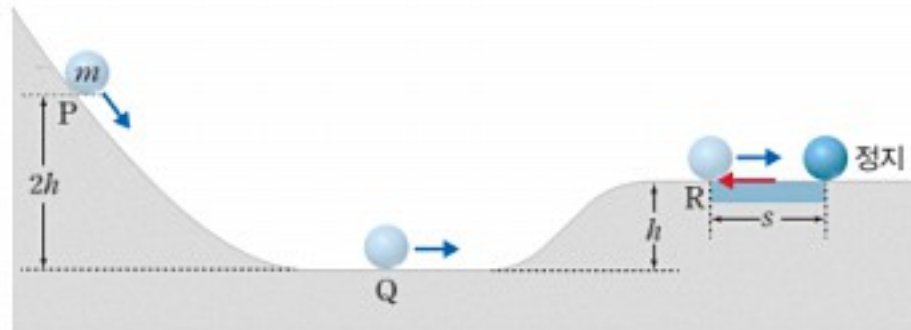
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 구간 I에서 물체가 받은 일의 크기는 $4mgh$ 이다.
 - ㄴ. P에서 속력은 Q에서 속력의 $\sqrt{\frac{5}{3}}$ 이다.
 - ㄷ. Q에서 속력은 $\sqrt{6gh}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지와 열에너지

03 그림은 P점에 가만히 놓은 질량 m 인 물체가 높이 $2h$ 인 경사면을 내려가 Q점을 지나고, 높이가 h 인 반대쪽 경사면을 올라가 수평면의 R점을 지나 운동하는 것을 나타낸 것이다. R에서부터 물체에 일정한 힘이 작용하여 물체가 거리 s 를 이동한 후 정지한다.



➤ 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하면 (-)의 일을 하여 물체의 역학적 에너지가 감소한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기와 공기 저항, R에서부터 공이 정지한 곳까지를 제외한 마찰은 무시한다.)

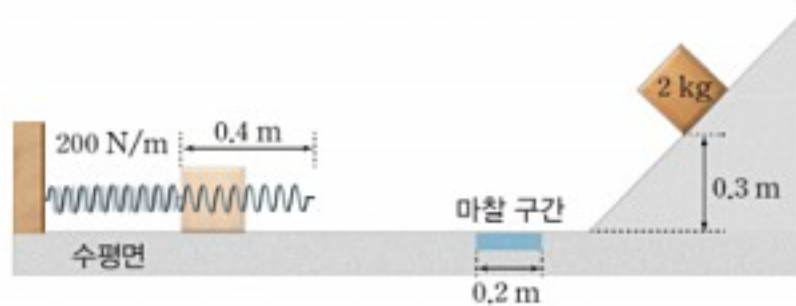
보기

- ㄱ. P에서 Q까지 이동하는 동안 중력이 물체에 한 일은 $2mgh$ 이다.
- ㄴ. Q에서 물체의 속력은 $2\sqrt{gh}$ 이다.
- ㄷ. 물체가 정지하는 과정에서 감소한 역학적 에너지는 $2mgh$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지와 열에너지

04 그림과 같이 용수철 상수가 200 N/m 인 용수철에 질량이 2 kg 인 물체를 대고 0.4 m 만큼 압축한 후 가만히 놓으니 수평면에서 마찰력이 작용하는 구간 0.2 m 를 통과한 후 경사면을 올라 높이 0.3 m 에서 속력이 0이 되었다.



➤ 용수철 상수가 k 이고 탄성체가 변형된 길이가 x 일 때 탄성력에 의한 위치 에너지는 $\frac{1}{2} kx^2$ 이다.

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

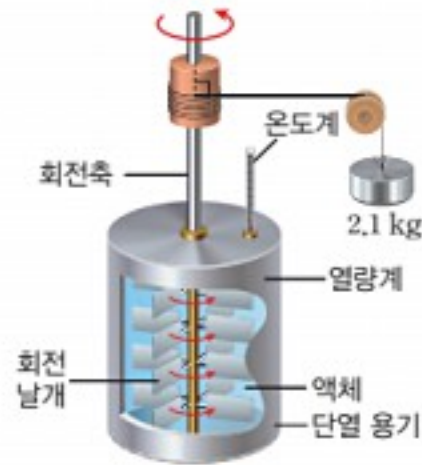
보기

- ㄱ. 용수철이 0.4 m 만큼 압축되었을 때 탄성력에 의한 위치 에너지는 16 J 이다.
- ㄴ. 마찰 구간에 진입하기 전 물체의 속력은 4 m/s 이다.
- ㄷ. 마찰 구간에서 물체에 작용한 마찰력의 크기는 40 N 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 열과일 사이의 관계

05 그림은 줄의 실험 장치에서 질량이 2.1 kg인 추를 1 m씩 20 번 떨어뜨려 회전 날개를 회전시키고, 액체의 온도를 측정하는 모습을 나타낸 것이다. 추의 감소한 역학적 에너지는 모두 액체의 온도를 높이는 데 사용된다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 열의 일당량은 4.2 J/cal 이다.)



➤ 추가 낙하하여 회전 날개를 돌리므로 추의 역학적 에너지가 회전 날개와 액체의 운동 에너지로 전환되었다가 액체가 운동을 멈추는 과정에서 열에너지로 전환된다.

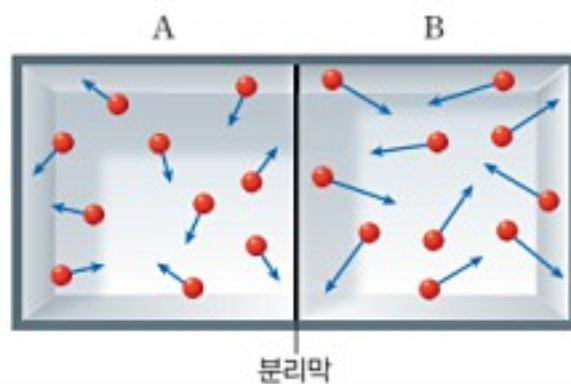
보기

- ㄱ. 추의 역학적 에너지는 열에너지로 전환된다.
- ㄴ. 추가 20번 낙하하는 동안 감소한 역학적 에너지는 420 J이다.
- ㄷ. 액체에서 발생한 열량은 0.01 kcal이다.

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 내부 에너지

06 그림과 같이 양이 동일한 이상 기체가 단열된 통 A와 B에 들어 있다. B에 들어 있는 입자들의 운동은 A에 들어 있는 입자들의 운동보다 활발하고, A와 B 사이에는 열만 이동할 수 있는 분리막이 있다.



➤ 물체의 온도가 높을수록 내부 에너지가 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

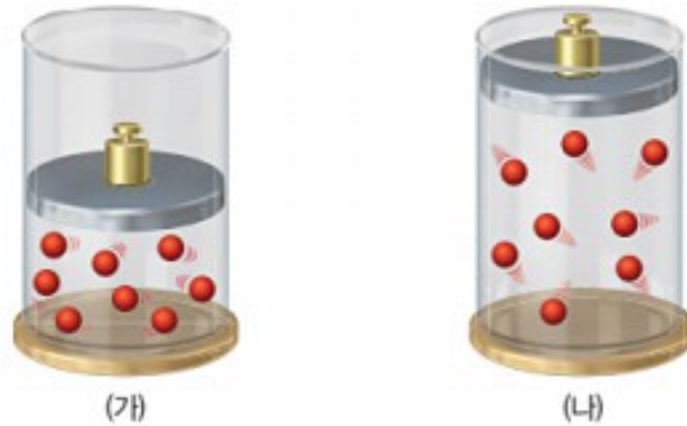
보기

- ㄱ. A에 들어 있는 기체의 온도는 B에 들어 있는 기체의 온도보다 높다.
- ㄴ. 기체의 온도가 같아질 때까지 분리막을 통해 B에서 A로 열이 이동한다.
- ㄷ. 기체의 온도가 같아질 때까지 A에 들어 있는 기체의 내부 에너지는 증가하고, B에 들어 있는 기체의 내부 에너지는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 내부 에너지

07 그림과 같이 일정한 압력에서 용기 안에 들어 있는 기체 입자의 운동이 (가)에서 (나)로 변화였다.



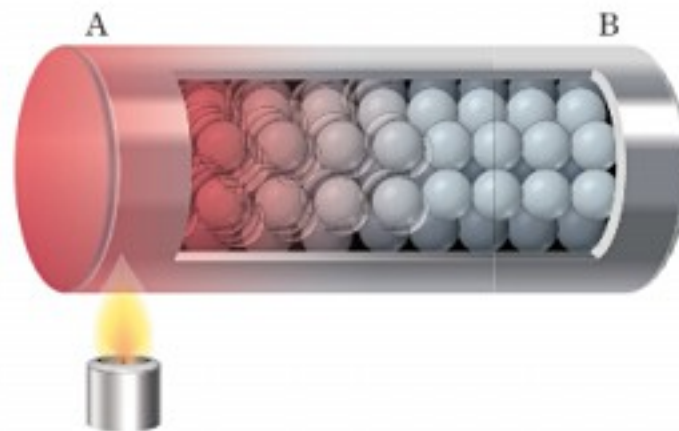
➤ 온도가 높을수록 운동 에너지가 크고 입자의 평균 속력이 크다.

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 용기를 가열하면 (나)에서 (가)로 변한다.
- ② 기체의 입자수는 (가)와 (나)가 동일하다.
- ③ 기체 입자의 평균 속력은 (가)보다 (나)가 크다.
- ④ 기체 입자의 단위 시간 당 충돌 횟수는 (가)보다 (나)가 크다.
- ⑤ 기체 입자의 내부 에너지는 (나)보다 (가)가 작다.

➤ 열의 이동

08 그림은 금속의 A 부분을 가열하자 A 부분에서 B 부분으로 열이 이동하는 것을 나타낸 것이다.



➤ 금속에서 이웃한 입자와의 충돌에 의해 열이 전달되는 방법은 전도이다.

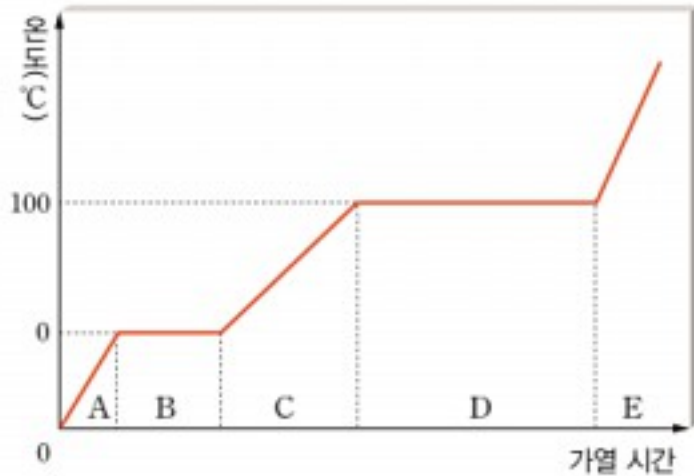
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 주로 고체에서 일어나는 열의 이동 방법이다.
 - ㄴ. 이와 같은 방법으로 열이 이동하는 것을 복사라고 한다.
 - ㄷ. 운동이 활발해진 입자가 이웃한 입자와 충돌하면서 열이 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 물질의 상태 변화

09 그림은 얼음 1 kg을 서서히 가열하면서 온도를 측정하고 그 결과를 그래프로 나타낸 것이다. D 구간의 가열 시간은 B 구간의 가열 시간보다 길다.



➤ 물질의 상태가 변하는 동안 흡수하거나 방출하는 열량은 모두 입자 사이의 결합에 관여하므로 물질의 온도는 변하지 않는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 가열하는 열은 모두 물이 흡수한다.)

보기

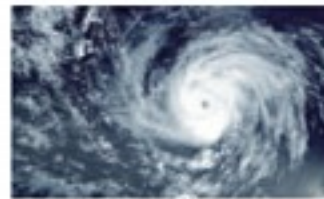
- ㄱ. C 구간에서 가열된 물은 주로 대류를 통해 열을 전달한다.
- ㄴ. B, D 구간에서 물이 흡수한 열은 입자 사이의 결합을 끊는 데 사용된다.
- ㄷ. 물의 기화열은 얼음의 용해열보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 물과 대기의 순환

10 다음은 태풍에 대한 설명이다.

태풍은 바닷물이 태양열에 의해 가열되어 바닷물이 증발하고 온도가 높아져 생긴 강한 열대성 저기압으로, 저위도에서 중위도로 이동하며 강한 바람을 일으키고 많은 비를 내린다.



➤ 에너지 전환 과정에서 에너지의 총량은 항상 일정하게 보존된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

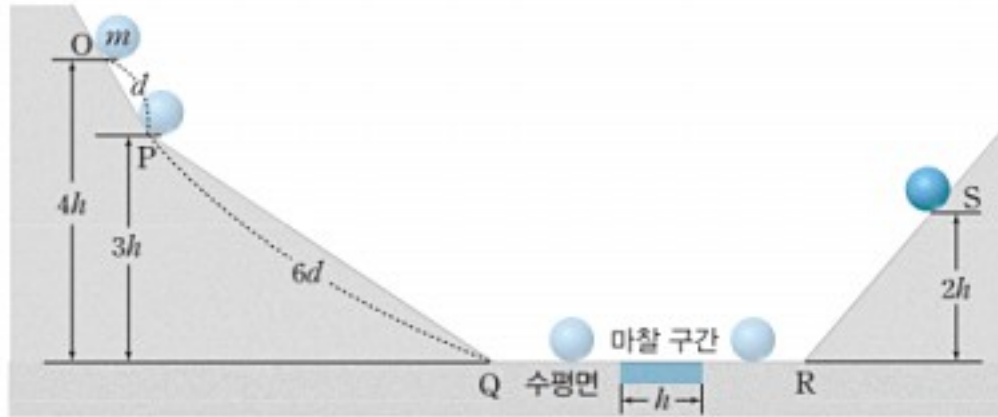
- ㄱ. 비가 내릴 때 비의 역학적 에너지는 보존된다.
- ㄴ. 수증기가 응결하여 물이 될 때 잠열을 방출한다.
- ㄷ. 에너지 전환 과정에서 에너지의 총량은 항상 보존된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1도전 문제

➤ 역학적 에너지와 열에너지

11 그림과 같이 높이 $4h$ 인 O점에 가만히 놓은 질량이 m 인 물체가 기울기가 다른 경사면 OP, PQ를 지난 후 수평면에서 마찰 구간을 지나 높이 $2h$ 인 S점에서 속력이 0이 된다. OP, PQ 사이의 거리는 각각 $d, 6d$ 이고 마찰 구간의 길이는 h 이다.



➤ 경사면에서 물체는 등가 속도 운동을 하고, 마찰 구간에서 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 감소한다.

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

보기

ㄱ. OP를 지나는데 걸린 시간은 PQ를 지나는데 걸린 시간의 $\frac{1}{2}$ 이다.

ㄴ. R에서 물체의 속력은 $2\sqrt{gh}$ 이다.

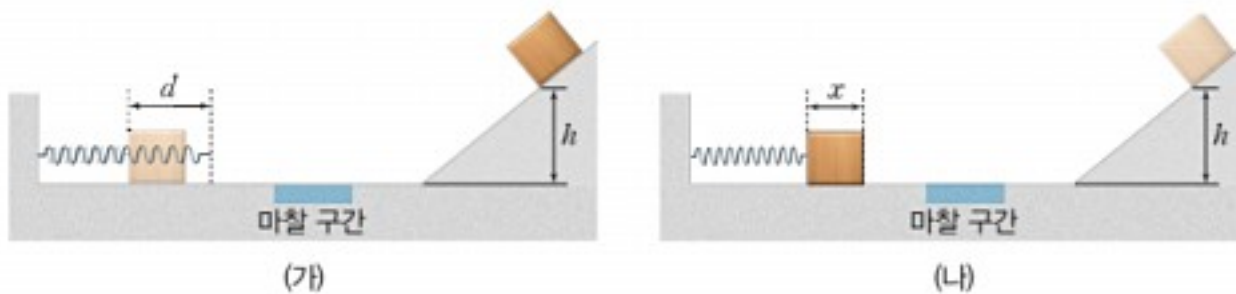
ㄷ. 마찰 구간에서 물체에 작용한 평균 힘의 크기는 $2mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 역학적 에너지와 열에너지

12 그림 (가)와 같이 수평면에서 물체를 밀어 용수철을 d 만큼 압축하였다 가만히 놓으니 물체가 마찰 구간을 지나 경사면의 높이 h 인 곳에서 속력이 0이 된다. 그림 (나)는 물체가 다시 마찰 구간을 지나 용수철을 x 만큼 압축했을 때 속력이 0이 된 것을 나타낸 것이다. (가)의 마찰 구간에서 감소한 역학적 에너지는 물체가 수평면에서 높이 h 까지 올라가는 동안 감소한 운동 에너지의 $\frac{1}{4}$ 이다.

➤ 경사면에서 내려온 물체는 마찰 구간에서 역학적 에너지가 감소하고, 이후 물체의 운동 에너지가 탄성력에 의한 위치 에너지로 전환된다.



$\frac{x}{d}$ 는? (단, 용수철의 질량과 물체의 크기, 마찰 구간 외의 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\sqrt{\frac{1}{2}}$ ② $\sqrt{\frac{2}{3}}$ ③ $\sqrt{\frac{3}{4}}$ ④ $\sqrt{\frac{3}{5}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{5}{6}}$