

02

이상 기체 법칙

수록 구성

- 개념 기본 문제
- 개념 적용 문제
- 1등급 도전 문제
- 정답과 해설

O₂ 이상 기체 법칙

핵심 내용 **마라보**

●● 열에 의해 물질의 상태 변화가 일어나며, 기체의 압력, 부피, 온도의 관계는 **이상 기체 법칙**으로 설명할 수 있다. ●●

1 물질의 상태 변화

18세기 스코틀랜드의 과학자 조지프 블랙은 얼음이 녹을 때 열은 흡수하지만, 온도는 변하지 않는다는 사실에 주목했다. 그는 열이 '숨겨진' 형태로 물질의 상태를 변화시키는 데 사용된다고 생각했고, 이를 잠열이라고 정의하였다. 이 발견은 열이 물체의 온도를 변화시킬 뿐만 아니라 물질의 구조를 변화시키는 데에도 결정적인 역할을 한다는 사실을 처음으로 밝혀낸 것이었다.

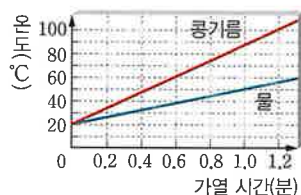
1. 비열과 열용량

(1) **비열**: 어떤 물질 1 kg의 온도를 1 °C만큼 높이는 데 필요한 *열량

① 비열이 큰 물질일수록 온도가 변하기 어렵다.

예 같은 양의 물과 공기를 똑같이 가열하면 비열이 작은 공기가 물보다 온도가 많이 변한다.

② 비열이 c 이고 질량이 m 인 물질의 온도가 ΔT 만큼 변하는 데 필요한 열량 Q 는 다음 식으로 구할 수 있다.



▲ 물과 공기의 온도 변화 비교

$$Q = cm\Delta T$$

[단위: J 또는 kcal]

(2) **열용량**: 어떤 물체의 온도를 1 °C만큼 높이는 데 필요한 열량

① 비열이 물질 자체의 특성이라면, 열용량은 질량까지 고려한 특정 물체의 성질이다.

예 작은 컵의 물은 열용량이 작아 쉽게 데워지지만, 수영장의 물은 열용량이 커서 온도를 높이는 데 많은 에너지가 필요하다.

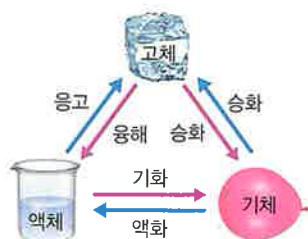
② 열용량과 비열의 관계: 열용량(C)은 비열(c)과 질량(m)을 곱한 것과 같다.

$$\rightarrow Q = cm\Delta T = C\Delta T$$

2. 상태 변화와 잠열

(1) **상태 변화**: 물질을 이루는 분자의 종류나 성질은 변하지 않으면서, 열 출입에 따라 분자의 배열 상태가 달라져 고체, 액체, 기체 상태로 모습이 바뀌는 물리적 변화를 의미한다.

① 상태 변화의 종류: 용해(고체 → 액체), 응고(액체 → 고체), 기화(액체 → 기체), 액화(기체 → 액체), 승화(고체 → 기체) 등이 있다.



▲ 상태 변화의 종류

여러 가지 물질의 비열

비열은 물질에 따라 고유한 값을 가지므로, 물질의 고유한 특성이다.

물질	비열[J/(kg·°C)]
물	4190
얼음	2090
식용유	1970
철	450
알루미늄	900
유리	840

물의 비열 활용

물은 비열이 커서 해안 지역은 기온의 변화가 완만한 편이며, 인체는 60 % ~ 70 %가 물로 구성되어 있어 물이 체온을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 반면 비열이 작은 금속이나 모래는 쉽게 뜨거워지고 쉽게 식는다.

열량의 단위

1 kcal은 1기압에서 순수한 물 1 kg의 온도를 1 °C(정확히는 14.5 °C에서 15.5 °C로) 올리는 데 필요한 열량으로 정의한다. 1 kcal은 약 4200 J이다.

올리마인드

*열량 [중학교 과학]

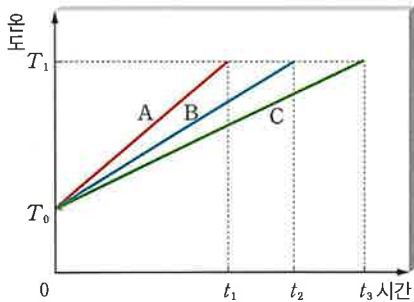
온도가 다른 두 물체 사이에서 온도 차에 의해 이동하는 열의 양을 열량이라고 한다.

개념 기본 문제

01 질량이 1 kg인 물체 A와 2 kg인 물체 B에 동일한 양의 열을 가했더니 A의 온도는 20 °C, B의 온도는 5 °C 올라갔다. A와 B의 비열을 각각 c_A , c_B 라고 할 때, 비열의 비 $c_A : c_B$ 는?

- ① 1:1 ② 1:2 ③ 2:1 ④ 1:4 ⑤ 4:1

02 그림은 물체 A, B, C를 동일한 가열 장치로 가열했을 때 시간에 따른 물체의 온도를 나타낸 것이다. A와 B는 같은 재질이고, B와 C의 질량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

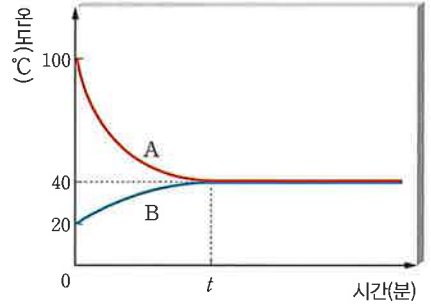
보기

- ㄱ. 열용량은 A가 가장 크다.
 ㄴ. 비열은 B가 C보다 작다.
 ㄷ. 질량은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 질량이 200 g이고 비열이 c 인 물체 A를 120 °C로 가열한 후, 비열이 4.2 kJ/kg·°C이고 온도가 20 °C인 물 400 g에 넣었더니, 열평형 상태에서 A의 온도가 40 °C가 되었다. c 는 얼마인지 구하시오. (단, 열은 A와 물 사이에서만 이동한다.)

04 그림은 20 °C인 액체 B가 담긴 열량계에 100 °C인 물체 A를 넣었을 때, A와 B의 온도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 질량은 B가 A의 1.5배이다.



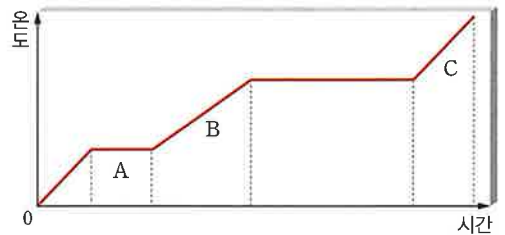
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열은 A와 B 사이에서만 이동한다.)

보기

- ㄱ. 비열은 B가 A의 3배이다.
 ㄴ. 열용량은 A가 B보다 작다.
 ㄷ. 0분 ~ t 분 동안 A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량은 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림은 고체 상태인 어떤 물질을 일정하게 가열할 때, 시간에 따른 물체의 온도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 끓고 있는 물질의 상태는 구간 A에 해당한다.
 ㄴ. 구간 B와 구간 C에서의 기울기는 서로 같다.
 ㄷ. 구간 B에서 물질에 공급한 열량과 온도 증가량은 서로 비례한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 이상 기체와 실제 기체에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 이상 기체를 냉각, 압축하면 상태 변화가 일어난다.
- ② 일정량의 이상 기체에서 압력과 부피의 곱은 온도와 관계없이 항상 일정하다.
- ③ 실제 기체는 이상 기체 법칙을 항상 만족한다.
- ④ 실제 기체는 온도가 낮고 압력이 높을수록 이상 기체에 가깝게 행동한다.
- ⑤ 실제 기체의 압력이 낮으면 분자 사이의 평균 거리가 멀어 분자 사이의 인력을 무시할 수 있다.

07 기체의 온도와 부피의 관계에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 일정한 압력에서 일정량의 기체는 $\frac{\text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 값이 일정하다.
- ㄴ. 이론적으로 기체의 부피가 0이 되는 온도를 절대 영도라고 한다.
- ㄷ. 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 퍼지는 현상은 샤를 법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 일정량의 이상 기체를 밀폐된 실린더 안에 넣고 피스톤을 서서히 움직여 부피를 조절하는 모습을 나타낸 것이다. 이때 기체의 온도는 일정하게 유지된다.



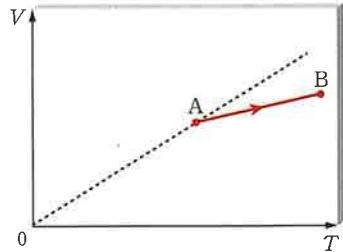
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 기체의 부피가 팽창하면 압력이 증가한다.
- ㄴ. 피스톤을 오른쪽으로 밀면 기체 분자가 실린더 벽에 더 자주 충돌한다.
- ㄷ. 피스톤을 왼쪽으로 당기면 기체 분자의 평균 운동 속력이 빨라진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 그림은 일정량의 이상 기체가 상태 A에서 상태 B로 변하는 과정을 절대 온도 T 에 따른 부피 V 의 그래프로 나타낸 것이다.



- (1) 이상 기체가 상태 A에서 상태 B로 변하는 동안에 기체의 압력 P 는 어떻게 변하는지 쓰시오.

- (2) 이상 기체가 상태 A에서 상태 B로 변하는 동안에 $\frac{PV}{T}$ 값은 어떻게 변하는지 쓰시오.

10 그림과 같이 바다 깊은 곳에서 잠수부가 내뿜은 공기 방울이 위로 떠오를 때,

공기 방울의 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기



에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 방울 속 공기의 양과 물의 온도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. 공기 방울의 부피가 팽창한다.
- ㄴ. 수면으로 올라올수록 공기 방울 외부의 수압이 낮아진다.
- ㄷ. 수심에 따라 압력이 달라지므로 공기 방울 속 공기의 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 값은 일정하지 않다.
- ㄹ. 공기 방울의 변화는 열기구 내부를 가열할 때 내부 공기의 밀도가 작아지는 현상과 같은 원리이다.

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

개념 적용 문제

비열

- 01** 그림은 0초일 때 20°C 의 실내에 놓여 있던 같은 질량의 철과 알루미늄을 100°C 의 물이 든 간이 열량계에 동시에 넣는 모습을 나타낸 것이다. 두 금속을 넣고 t 초가 지난 후 열평형에 도달하였다. 비열은 알루미늄이 철의 2배이고, 질량은 물이 철의 4배이다.

➤ 열은 온도 차에 의해 전달 되는 에너지이므로 한 물체가 잃은 열량은 다른 물체가 얻은 열량과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 열은 두 금속과 물 사이에서만 이동하며, 간이 열량계의 열용량은 무시한다.)

보기

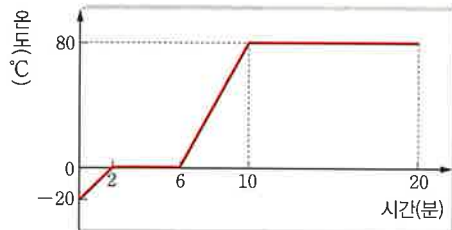
- ㄱ. t 초일 때 금속의 온도는 알루미늄이 철보다 높다.
- ㄴ. 두 금속을 넣고 t 초 동안, 금속이 얻은 열량은 알루미늄이 철보다 많다.
- ㄷ. t 초 후 물의 온도는 60°C 보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물질의 가열 곡선

- 02** 그림은 고체 상태인 어떤 물질 A 1 kg 을 일정하게 가열할 때, 가열한 시간에 따른 A의 온도를 나타낸 것이다. A는 가열을 시작한 지 20분 만에 모두 기화되었다.

➤ 물질을 일정하게 가열한다는 의미는 단위 시간당 물질이 흡수하는 열량이 일정하다는 뜻이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 융해열은 2분~6분 구간 동안 A에 가한 열량과 같다.
- ㄴ. A의 비열은 액체 상태일 때가 고체 상태일 때보다 크다.
- ㄷ. 2 kg 의 A를 모두 기화시키는 데 필요한 열량은 2 kg 의 A를 모두 융해시키는 데 필요한 열량의 2.5배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 열용량과 잠열

03 (가), (나), (다)는 열과 관련된 우리 주변의 여러 현상을 나타낸 것이다.

➤ 잠열은 물질의 상태가 변할 때 출입하는 열을 말한다.



더운 날 땀이 마르면서 시원함을 느낀다.

(가)



같은 온도라도 끓는 물보다 수증기에 의해 더 심한 화상을 입는다.

(나)



뜨거운 상태를 오래 유지하기 위해 음식을 뚝배기에 담는다.

(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

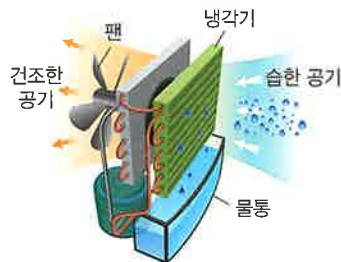
- ㄱ. (가)는 땀이 마르면서 기화열을 흡수하기 때문이다.
- ㄴ. (나)는 수증기의 비열이 물의 비열보다 더 크기 때문이다.
- ㄷ. (다)는 뚝배기의 열용량이 작아 온도가 천천히 내려가기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 상태변화와 잠열

04 그림은 제습기의 원리를 나타낸 것이다. 습한 공기가 냉각기에 닿으면 수증기가 물방울로 변하면서 물통에 물이 모이게 된다.

➤ 물질의 상태가 변할 때 출입하는 열을 잠열이라고 하며, 상태 변화가 일어날 때는 물질의 온도가 일정하게 유지된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 냉각기의 온도는 0°C 이하여야 한다.
- ㄴ. 여름철 얼음 음료를 담은 컵의 표면에 물방울이 맺히는 것과 같은 원리이다.
- ㄷ. 제습기가 계속 작동하기 위해서는 냉각기에서 열을 제거하는 과정이 필요하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 이상기체법칙

05 다음은 이상 기체를 이용한 실험을 나타낸 것이다.

실험 과정

(가) 오른쪽 그림과 같이 밀폐된 실린더 안에 1 mol의 이상 기체를 넣는다. 이때 기체의 압력은 1기압이고, 부피는 22.4 L이다.



(나) 압력을 1기압으로 유지한 상태에서 기체의 부피가 (가)의 두 배가 되도록 하였다.

(다) 기체의 부피를 (나)와 같게 유지한 상태에서 기체의 온도를 546 °C로 올렸다.

➤ 절대 온도 T 는 섭씨온도 t 와 $T = t + 273$ 의 관계가 있으며, 단위로는 K(켈빈)을 사용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)에서 기체 분자의 열운동이 활발해진다.
- ㄴ. (나)에서 기체의 온도는 273 °C이다.
- ㄷ. (다)에서 기체의 압력은 1.5기압이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 생활 속에 적용되는 이상기체법칙

06 그림은 내부에 7 °C의 이상 기체가 채워진 열기구가 지표면에 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 열기구 내부의 부피는 일정하게 유지된다. 열기구의 내부 기체를 가열한 지 t 초 만에 열기구 내부 기체의 밀도가 처음 밀도의 $\frac{4}{5}$ 배가 되었고, 이때부터 열기구가 떠오르기 시작하였다.



➤ 열기구의 아랫부분은 열려 있으므로 팽창한 기체 중 일부가 밖으로 빠져나간다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. t 초일 때 열기구 내부 기체의 온도는 77 °C이다.
- ㄴ. 0초~ t 초 동안 열기구 내부 기체의 압력은 일정하다.
- ㄷ. 0초~ t 초 동안 열기구 내부 기체의 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 값은 일정하다.

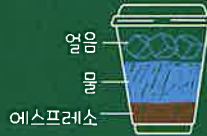
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 비열과 잠열

- 07 그림은 아이스커피를 만드는 방법을 정리한 것이다. 에스프레소는 커피 성분이 물에 녹은 수용액으로, 대부분 물이므로 에스프레소의 비열은 물과 같은 $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 로 볼 수 있다. 얼음의 비열과 융해열은 각각 $0.5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, 80 cal/g 이다.

[아이스커피 만드는 방법]

- ① 90°C 의 에스프레소 60g 을 준비한다.
- ② 컵에 -10°C 의 얼음 200g 과 10°C 의 물 200g 을 담는다.
- ③ 컵에 에스프레소를 모두 부어 잘 섞는다.



➤ 융해열은 고체 상태 물질이 액체 상태로 변할 때 흡수하는 잠열이다. 물질의 상태 변화가 일어날 때는 물질의 온도가 일정하게 유지된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은? (단, 얼은 에스프레소, 얼음, 물 사이에서만 이동하며, 농도 변화에 따른 비열 변화는 무시한다.)

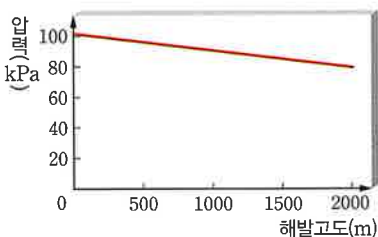
보기

- ㄱ. 아이스커피의 최종 열평형 온도는 0°C 이다.
- ㄴ. 열평형 상태에 도달할 때까지 녹은 얼음의 양은 92.5 g 이다.
- ㄷ. 열평형 상태에 도달할 때까지 에스프레소가 잃은 열량은 얼음이 0°C 에 도달하기까지 얻는 열량의 5.4배이다.

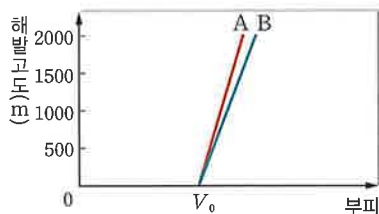
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

➤ 이상기체법칙

- 08 그림 (가)는 해발고도에 따른 기압의 변화를 나타낸 것이다. 그림 (나)의 A는 일정량의 이상 기체가 하늘로 올라갈 때 해발고도에 따른 실제 부피 변화를 나타낸 것이고, B는 온도가 일정하다고 가정했을 때의 부피 변화를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

➤ 기체의 압력(P), 부피(V), 절대 온도(T)는 이상 기체 법칙 $PV=nRT$ 로 설명할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)의 B는 보일 법칙으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. 실제 상황에서는 해발고도가 높아질수록 주변 온도는 낮아진다.
- ㄷ. (나)의 A에서 기체의 $\frac{PV}{T}$ 값은 해발고도 500 m 일 때와 1000 m 일 때가 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[바로알기] ㄴ. 열전도도는 물질이 전도를 통해 열을 얼마나 잘 전달하는지를 나타내는 값이다. 좋은 단열 성능을 가지려면 열이 잘 전달되지 않아야 하므로, 열전도도 값 (㉓)이 작을수록 단열 성능이 좋다.

06 ㄴ. 유리는 고체이므로, 유리판 자체에서는 물질을 구성하는 입자들이 이웃한 입자들과 상호작용하며 에너지를 전달하는 전도 방식에 의해 열이 전달된다.

ㄷ. (나) 이중창의 두 유리판 사이의 빈 공간에 열전도도가 낮은 기체를 채우면 전도에 의한 열의 이동을 효과적으로 막을 수 있어 단열이 잘 된다.

[바로알기] ㄱ. (나)는 유리와 유리 사이에 공기층이 있어 열의 이동을 막아 준다. 따라서 한 장의 유리만으로 된 (가)보다 (나)가 단열 성능이 우수하다.

07 (1) 두 금속 막대의 재질과 처음 길이가 같으므로 한 막대가 늘어난 길이는 5 cm이다. 선팽창 공식 $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ 에서 $\Delta L = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$, $L_0 = 100 \text{ m}$, $\Delta T = 50^\circ \text{C}$ 이므로, 이 금속의 선팽창 계수 $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 이다.

(2) 선팽창한 금속을 원래 온도로 냉각시키면 원래 길이로 되돌아간다. 따라서 두 금속 막대를 다시 T_0 으로 냉각시키면 두 금속 막대 사이의 간격은 처음 떨어뜨려 놓은 간격인 10 cm로 돌아간다.

08 ㄱ. $L_1 < L_2$ 이므로 열팽창이 일어났음을 알 수 있고, 따라서 온도는 (가)보다 (나)에서가 높다. 즉, $T_1 < T_2$ 이다.

ㄷ. A와 C는 동일한 물질로 만들어졌으므로 선팽창 계수가 같다. 따라서 (가)에서 (나)로 온도가 변할 때 처음 길이가 더 긴 A의 길이 변화량이 C의 길이 변화량보다 크다.

[바로알기] ㄴ. 물체의 처음 길이를 L_0 , 온도 변화량을 ΔT 라고 할 때 팽창한 길이 ΔL 은 $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ 이다. ΔL 은 B가 A보다 크고, 온도 변화량은 $\Delta T = T_2 - T_1$ 로 A와 B가 같으므로, 처음 길이 L_0 이 더 작은 B의 선팽창 계수 (α)가 A보다 크다.

09 ㄴ. 철과 콘크리트는 선팽창 계수가 거의 비슷하여, 온도가 변하더라도 두 물질이 거의 같은 비율로 늘어나거나 줄어든다. 이 덕분에 구조물 내부의 길이 차이에 의한 균열이 생기는 것을 막아 주므로 온도 변화에도 건축물이 안정적으로 유지된다.

ㄷ. 단열의 가장 기본적인 원리는 열의 이동을 막는 것이다. 따라서 열전도도가 낮아 열을 잘 전달하지 않는 물질을 단열재로 사용하여 외부와의 열 교환을 최소화한다.

[바로알기] ㄱ. 이중창의 공기층은 열전도도가 매우 낮아 전도와 대류에 의한 열전달을 크게 줄여 주는 역할을 하지만, 이중창에서도 작게나마 공기를 통한 전도와 유리판 사이의 복사에 의한 열전달이 일어난다.

ㄷ. ㄷ자 모양으로 배관을 구부리는 까닭은 배관이 팽창하거나 수축할 때 늘어나거나 줄어드는 길이를 ㄷ자 모양으로 구부러진 부분이 변형되면서 배관 전체가 파손되는 것을 막기 위함이다.

개념 적용 문제

108쪽~111쪽

01 ④ 02 ② 03 ④ 04 ⑤ 05 ③ 06 ③
07 ① 08 ③

01 ㄱ. A는 대조군으로서, 단열재로 감싸지 않았으므로 온도가 가장 많이 떨어진다. 따라서 $T_1 < T_2$ 이다.

ㄷ. 단열재는 뜨거운 물의 열이 밖으로 나가는 것(보온)뿐만 아니라, 외부의 열이 차가운 물로 들어오는 것(보냉)도 막아 준다. 따라서 5°C 의 물로 같은 실험을 반복한다면 10분 후 물의 온도는 A가 B보다 높다.

[바로알기] ㄴ. 알루미늄 포일이 전도가 잘 일어나는 것은 사실이지만 복사에 의한 열전달을 차단하며, 종이컵과 알루미늄 포일 사이의 미세한 공기층이 전도를 막아 주므로 A보다는 단열 성능이 좋다. 따라서 $T_1 < T_3$ 이다.

02 자동차 햇빛 가리개의 원리는 반짝이는 은박 표면이 태양의 복사 전자기파(햇빛)를 반사하여 복사에 의한 열전달을 막는 것이다.

ㄷ. 소방관의 방열복 표면이 금속 재질인 까닭은 화재 현장에서 발생하는 강력한 복사 전자기파를 반사하여 소방관을 보호하기 위함이다. 이는 자동차 햇빛 가리개와 동일한 원리가 적용된 사례이다.

[바로알기] ㄱ. 유리 섬유 단열재의 핵심 원리는 섬유 사이에 수많은 공기를 가두는 것이다. 갇힌 공기는 움직일 수 없어 대류를 막고, 공기 자체의 낮은 열전도도를 이용해 전도에 의한 열전달을 줄여 준다.

ㄴ. 솜이나 오리털은 외부의 내부에 공기층을 만들어 대류와 전도에 의한 열전달을 막는 역할을 한다.

- 03 ㄱ, ㄴ. 냉각 팬이 바람을 불어넣어 공기를 강제로 순환시키는 것은 대류에 의한 열 방출 효율을 높이기 위함이다. 또한 얇은 금속판을 여러 장 배치하여 표면적이 넓어지면 차가운 공기가 더 많이 닿게 되어 열이 공기 중으로 빠르게 전달된다.

[바로알기] ㄴ. 중앙 처리 장치와 맞닿는 부분에 구리나 알루미늄을 사용하는 까닭은 이 금속들의 열전도도가 높기 때문이다.

- 04 ㄱ. (나)에서 가열 장치와 금속 리벳은 직접 접촉하고 있다. 이와 같이 물체가 직접 맞닿아 열이 전달되는 방식은 전도이다.

ㄴ. 물질의 온도는 물질을 구성하는 입자들의 열운동이 활발한 정도를 나타낸다. (다)는 가열하는 과정이고 (라)는 식히는 과정이므로, 금속 리벳을 구성하는 입자의 열운동은 (다)에서가 (라)에서보다 더 활발하다.

ㄷ. (라)에서 뜨거웠던 금속 리벳이 식으면 열팽창이 일어났던 금속 리벳의 길이가 원래대로 수축한다. 이 수축하는 힘이 구멍 양쪽의 물체를 매우 강하게 결합하도록 한다.

- 05 ㄱ. (가)보다 (나)에서 A, B의 길이가 더 길므로 온도가 올라갔음을 알 수 있다. 따라서 $T_0 < T_1$ 이다. (가)에서 A, B의 처음 길이는 $L_1 > L_2$ 인데, (나)에서 A, B의 길이가 L 로 같아졌으므로 처음 길이가 더 짧은 B가 더 많이 팽창했다. 따라서 선팽창 계수는 A가 B보다 작다.

ㄷ. 선팽창 공식에 적용하면 $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$ 이다. 즉, A의 늘어난 길이 $\Delta L = (L - L_1)$ 은 처음 길이 L_1 에 비례한다.

[바로알기] ㄴ. 보기 ㄱ의 해설에서 $T_0 < T_1$ 이다.

- 06 ㄱ. 바이메탈은 선팽창 계수가 작아 길이 변화가 작은 금속 쪽으로 휘어지므로, 길이 변화량은 A가 B보다 작다.

ㄷ. 회로의 온도가 특정 값 이상으로 올라가면 (나)와 같이 바이메탈이 휘어 회로가 끊어지고, 온도가 내려가면 바이메탈이 (가)와 같이 퍼지면서 회로가 다시 연결되는 구조이다. 이를 이용해 전열기가 너무 과열되는 것을 방지할 수 있다. 반대로, 온도가 특정 값 이하로 떨어지면 회로가 다시 연결되어 전열기가 작동하므로, 전열기가 특정 온도 이하로 낮아지지 않도록 조절하는 데 사용할 수도 있다.

[바로알기] ㄴ. (가)는 회로가 연결된 상태, (나)는 온도가 올라가 바이메탈의 두 금속이 선팽창을 하여 바이메탈이 선팽창 계수가 작은 쪽으로 휘어 회로가 끊어진 상태이다. 따라서 바이메탈의 온도는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

- 07 ㄱ. 열이 A, B를 차례로 지나 전달되므로 A와 B에서 전달되는 열량은 서로 같다($Q_A = Q_B$). (가)에서 A와 B가 연결된 부분의 온도는 50°C 로 양 끝 온도의 중간값이므로, A, B에서 양 끝의 온도 차가 서로 같다. 따라서 열전도식에 따라 $\frac{k_A}{L_A} = \frac{k_B}{L_B}$ 이고, $L_A > L_B$ 이므로 $k_A > k_B$ 이다.

[바로알기] ㄴ. (가)에서 같은 시간 동안 A를 통과하는 열량과 B를 통과하는 열량은 같다.

ㄷ. A와 B가 연결된 물체 전체의 열전도도가 낮을수록 단열 성능이 좋다. 전체 길이는 (가)와 (나)에서 같고, 열전도도는 A가 B보다 크므로 물체 전체의 단열 성능은 B의 길이가 더 긴 (나)에서가 (가)에서보다 좋다.

- 08 ㄱ. 그래프에서 같은 시간이 지났을 때 용기에 담긴 물의 온도는 A에서가 B에서보다 더 많이 낮아졌다. 이는 A로 만든 용기에서 열이 외부로 더 많이 빠져나갔다는 의미이므로, 열전도도는 A가 B보다 크다.

ㄴ. 단위 시간당 빠져나가는 열량은 용기 안팎의 온도 차에 비례한다. 시간이 지남에 따라 A의 물 온도가 점점 낮아지므로, 외부와의 온도 차도 점점 줄어든다. 따라서 같은 시간 동안 용기 밖으로 빠져나가는 열량은 점점 감소한다.

[바로알기] ㄷ. 물질의 온도가 높으면 물질의 내부 에너지도 크다. t_0 일 때 물의 온도는 A에서가 B에서보다 낮으므로, 물의 내부 에너지도 A에서가 B에서보다 작다.

02 이상 기체 법칙

중요 개념 체크

117쪽

- 1 잠열 2 (1) ○ (2) × 3 반비례
4 (1) × (2) ○

탐구 확인 문제

119쪽

- 1 ⑤ 2 108 kPa 3 400 mL

- 1 ① 보일 법칙에 따르면, 기체의 온도(T)가 일정할 때 기체의 압력(P)과 부피(V)는 서로 반비례 관계에 있다.
② [실험 2]는 기체의 부피와 온도의 관계를 확인하는 실험이다. 뜨거운 물을 추가하여 플라스크 내부 기체의 온도를 높이면, 압력이 일정한 상태에서 기체의 부피가 팽창하여 유리관 속 물방울을 위쪽으로 밀어낸다.

③ 이상 기체 법칙에 따라 $\frac{PV}{T} = nR$ 이다. 두 실험 모두 밀폐된 용기 안에서 일정량의 기체(n)를 사용하므로, 보일·샤를 법칙에 따라 $\frac{PV}{T}$ 값은 일정하게 유지된다.

④ 실험에서 확인하고자 하는 압력, 부피, 절대 온도 사이의 관계는 일정한 양의 기체, 즉 $PV = nRT$ 에서 n 이 일정한 상황을 전제로 다른 두 물리량 사이의 관계를 확인하는 실험이다. 따라서 실험 도중 공기가 새어 나가거나 추가되면 정확한 결과를 얻을 수 없으므로, 주사기나 용기를 밀폐하는 것이 중요하다.

[바로알기] ⑤ 기체의 압력과 부피, 온도의 관계를 나타내는 모든 공식에서 온도는 절대 온도(T)를 사용해야 정비례 관계가 성립한다.

2 삼각 플라스크 안 기체의 처음 온도는 $27^\circ\text{C} + 273 = 300\text{ K}$ 이고, 가열 후 온도는 $87^\circ\text{C} + 273 = 360\text{ K}$ 이다. 부피가 일정할 때 기체의 압력은 절대 온도에 비례하므로 $\frac{P}{T}$ 값 $\frac{90\text{ kPa}}{300\text{ K}} = \frac{P}{360\text{ K}}$ 에서 나중 압력 $P = 108\text{ kPa}$ 이다.

3 삼각 플라스크 안 기체의 처음 온도는 $27^\circ\text{C} + 273 = 300\text{ K}$ 이고, 가열 후 온도는 $127^\circ\text{C} + 273 = 400\text{ K}$ 이다. 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례하므로 $\frac{V}{T}$ 값 $\frac{300\text{ mL}}{300\text{ K}} = \frac{V}{400\text{ K}}$ 에서 나중 부피 $V = 400\text{ mL}$ 이다.

개념 기본 문제

120쪽~121쪽

- 01 ② 02 ② 03 $2.1\text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$
 04 ⑤ 05 ③ 06 ⑤ 07 ⑤
 08 ② 09 (1) 증가한다. (2) 일정하게 유지된다.
 10 ①

01 문제 조건에서 물체 A, B에 동일한 양의 열을 가했으므로, $c_A m_A \Delta T_A = c_B m_B \Delta T_B$ 가 성립한다. 주어진 값을 대입하면 $c_A \times 1\text{ kg} \times 20^\circ\text{C} = c_B \times 2\text{ kg} \times 5^\circ\text{C}$ 이고, 이를 정리하면 비열의 비 $c_A : c_B = 1 : 2$ 이다.

02 나. 동일한 가열 장치로 가열하므로 물체 A, B, C에 단위 시간당 공급되는 열량은 모두 같으며, 가열 시간 t 는 공급한 열량 Q 에 비례한다. 열량과 비열, 질량, 온도 변화 사이에는 $Q = cm\Delta T$ 관계가 성립하므로, 그래프의 기울기인

$\frac{\Delta T}{\Delta t}$ 는 열용량 $C = cm$ 에 반비례한다. 그래프의 기울기는 B가 C보다 크므로, 열용량은 B가 C보다 작다. 문제 조건에서 B와 C의 질량이 같으므로 비열은 B가 C보다 작다.

[바로알기] ㄱ. 그래프의 기울기는 $A > B > C$ 순이므로, 열용량은 $A < B < C$ 순이다. 따라서 열용량은 A가 가장 작다.

ㄴ. 열용량(C)은 A가 B보다 작다. $C = cm$ 이고, 문제 조건에서 A와 B는 같은 재질이므로 비열이 같다. 따라서 질량은 A가 B보다 작다.

03 에너지 보존 법칙에 따라 고온의 물체 A가 잃은 열량은 저온의 물이 얻은 열량과 같다. 물체가 잃거나 얻은 열량은 $Q = cm\Delta T$ 이므로 다음 식이 성립한다.

$$\begin{aligned} c_A m_A (T_A - T_{\text{나중}}) &= c_{\text{물}} m_{\text{물}} (T_{\text{나중}} - T_{\text{물, 처음}}) \\ \text{문제에 주어진 값을 식에 대입하면 다음과 같다.} \\ c \times 0.2\text{ kg} \times (120^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) &= 4.2\text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C} \times 0.4\text{ kg} \times (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \\ \text{따라서 A의 비열 } c &= 2.1\text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C} \text{이다.} \end{aligned}$$

04 나. 열용량은 $C = cm$ 이다. A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량이 서로 같으므로 $c_A m_A \Delta T_A = c_B m_B \Delta T_B$ 가 성립한다. 제시된 그래프에서 $\Delta T_A = 100^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C}$ 이고, $\Delta T_B = 40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$ 이며, 질량은 $m_B = 1.5m_A$ 이므로, 대입해 정리하면 $2c_A = c_B$ 이다. 따라서 열용량은 $C_B = c_B m_B = (2c_A)(1.5m_A) = 3c_A m_A = 3C_A$ 이므로, 열용량은 A가 B보다 작다.

ㄴ. 문제 조건에서 열은 A와 B 사이에서만 이동하므로, 에너지 보존 법칙에 따라 0분 ~ t 분 동안 A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량은 서로 같다.

[바로알기] ㄱ. A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량이 같다는 식으로부터 $2c_A = c_B$ 의 관계를 얻는다. 따라서 비열은 B가 A의 2배이다.

05 나. 구간 B는 액체 상태인 물질이 가열되는 구간이다. 비열과 질량이 일정하므로, $Q = cm\Delta T$ 에서 물질에 공급한 열량 Q 와 온도 증가량 ΔT 는 서로 비례한다.

[바로알기] ㄱ. 구간 A는 고체 상태인 물질이 녹아 액체로 변하는 용해 구간이다. 끓고 있는 물질에서 일어나는 상태 변화는 액체가 기체로 변하는 기화로, 그래프에서 구간 B와 구간 C 사이의 수평 구간에 해당한다.

ㄴ. 구간 B는 액체 상태, 구간 C는 기체 상태이므로 각 구간의 기울기는 액체와 기체 상태의 비열에 반비례한다.

일반적으로 같은 물질이더라도 물질의 상태에 따라 비열은 서로 다르므로 두 구간에서의 기열기는 같지 않다.

- 06 ⑤ 실제 기체는 분자 자체의 부피와 분자 사이의 인력을 무시할 수 있을 때 이상 기체에 가깝게 행동한다. 기체의 압력이 낮으면 기체의 전체 부피에 비해 분자 자체의 부피가 매우 작아지고, 분자 사이의 평균 거리 또한 멀어져 분자 사이의 인력을 무시할 수 있게 된다.

바로알기 ① 이상 기체는 분자 자체의 부피와 분자 사이의 상호작용을 무시하는 이상적인 기체 모델이다. 따라서 이상 기체는 온도가 아무리 낮아져도 분자들이 독립적으로 운동하는 기체 상태를 유지한다.

② 이상 기체 법칙($PV=nRT$)에 따르면, 일정량의 이상 기체(n 이 일정)는 온도 T 가 일정해 압력과 부피의 곱(PV)이 일정하다(보일 법칙).

③, ④ 실제 기체는 분자의 운동이 활발하여 분자 사이의 인력을 무시할 수 있는 높은 온도와, 분자 사이의 거리가 멀어 분자 자체의 부피를 무시할 수 있는 낮은 압력에서 이상 기체에 가깝게 행동한다.

- 07 ㄱ. 샤를 법칙에 따르면 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하므로, $\frac{\text{부피}}{\text{절대 온도}} \left(\frac{V}{T} \right)$ 값은 일정하다.

ㄴ. 샤를 법칙에 따르면 기체의 부피는 온도에 따른 일차 함수 형태로 나타난다. 이 그래프를 연장하면 이론적으로 기체의 부피가 0이 되는 온도가 존재하는데, 이 온도를 절대 영도(0 K, 약 -273°C)로 정의한다.

ㄷ. 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 탁구공 내부 기체의 온도가 올라간다. 샤를 법칙에 따라 일정한 압력에서 기체의 온도가 올라가면 부피가 팽창하므로, 팽창한 기체가 탁구공을 퍼지게 한다.

- 08 ㄴ. 일정량의 이상 기체의 온도가 일정하게 유지되므로 보일 법칙($PV=\text{일정}$)이 성립한다. 보일 법칙에 따르면 피스톤을 오른쪽으로 밀어 기체의 부피가 감소하면 압력은 증가한다. 미시적 관점에서 기체의 압력은 기체 분자가 실린더 벽에 충돌하는 빈도와 세기에 의해 결정된다. 이 경우 온도가 일정하여 분자의 평균 운동 속력은 변하지 않지만, 분자의 이동 경로가 짧아져 분자가 실린더 벽에 충돌하는 빈도가 증가하는 효과에 의해 압력이 증가한다.

바로알기 ㄱ. 기체의 온도가 일정할 때, 일정량의 이상 기체는 부피가 팽창하면 압력이 감소한다.

ㄷ. 문제 조건에서 기체의 온도가 일정하게 유지되므로, 피스톤을 움직여 부피를 변화시켜도 기체 분자의 평균 운동 속력은 변하지 않는다.

- 09 (1) 이상 기체의 상태가 상태 A에서 상태 B로 변하는 동안 $\frac{V}{T}$ 값이 감소하는데, 이 경우에도 $\frac{PV}{T}$ 값은 일정하므로 기체의 압력 P 는 증가한다.

(2) 이상 기체 법칙에 따라 $\frac{PV}{T}=nR$ 이다. 기체의 양 n 과 기체 상수 R 는 일정하므로, 일정량의 이상 기체에서 $\frac{PV}{T}$ 값은 기체의 상태와 관계없이 일정하게 유지된다.

- 10 ㄱ, ㄴ. 공기 방울 내부의 압력은 외부의 수압과 같으며, 수면으로 올라올수록 외부의 수압은 낮아진다. 물의 온도가 일정하고, 공기 방울 속 공기의 양이 변하지 않으므로 보일 법칙이 성립한다. 따라서 공기 방울이 수면으로 올라올수록 압력이 감소하여 부피는 팽창한다.

바로알기 ㄷ. 이상 기체 법칙에 따라 $\frac{PV}{T}=nR$ 이다. 공기 방울 속 공기의 양(n)과 기체 상수(R)는 일정하므로 $\frac{PV}{T}$ 값은 수심과 관계없이 항상 일정하다.

ㄹ. 공기 방울의 부피가 변하는 것은 온도가 일정한 상태에서 압력의 변화 때문이고(보일 법칙), 열기구가 떠오르는 것은 압력이 일정한 상태에서 온도를 높여 부피가 팽창하는 원리(샤를 법칙)를 이용해 밀도를 작게 했기 때문이다.

개념 적용 문제

122쪽~125쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ① 04 ④ 05 ⑤ 06 ③
07 ④ 08 ⑤

- 01 ㄴ. 두 금속은 처음 온도가 20°C 로 같고, t 초 후에는 같은 온도로 열평형에 도달하므로 온도 변화량이 같다. 두 금속의 질량이 같고 비열은 알루미늄이 철의 2배이므로, t 초 동안 알루미늄이 얻은 열량은 철이 얻은 열량의 2배이다.

ㄷ. 물의 비열은 철과 알루미늄의 비열보다 크고, 물의 질량은 두 금속의 질량을 합한 것보다 크므로 온도 변화량의 크기는 물이 두 금속보다 작다. 따라서 t 초 후 물의 온도는 20°C 와 100°C 의 중간값인 60°C 보다 높다.

바로알기 ㄱ. t 초 후 두 금속과 물이 열평형에 도달하였으므로, t 초일 때 알루미늄과 철의 온도는 같다.

- 02** ㄱ. 융해열은 고체 상태의 물질이 모두 액체 상태로 변하는 데 필요한 열량이다. 그래프에서 A는 2분~6분 구간 동안 녹으므로, 융해열은 이 동안 A에 가한 열량과 같다.
 ㄴ. A를 일정하게 가열하므로 가한 열량은 시간에 비례한다. A를 1 kg 융해시키는 데 4분이 걸리고, 기화시키는 데는 10분이 걸린다. 따라서 A를 1 kg을 기화시키는 데 필요한 열량(기화열)은 1 kg을 융해시키는 데 필요한 열량(융해열)의 2.5배이다. 융해열과 기화열은 물질의 질량에 비례하므로, 질량이 2 kg여도 이 비율은 같다.

바로알기 ㄴ. 가한 열량 $Q = cm\Delta T$ 이고, Q 가 가열 시간 t 에 비례할 때 비열 c 와 단위 시간당 온도 변화 $\frac{\Delta T}{t}$ 는 반 비례한다. 고체 상태 구간(0분~2분)에서 $\frac{\Delta T}{t}$ 는 $10^\circ\text{C}/\text{분}$ 이고, 액체 상태 구간(6분~10분)에서 $\frac{\Delta T}{t}$ 는 $20^\circ\text{C}/\text{분}$ 이다. 따라서 A의 비열은 고체 상태일 때가 액체 상태일 때보다 크다.

- 03** ㄱ. 더운 날 땀이 마르는 것은 액체 상태의 땀이 기체로 변하는 기화 현상이다. 기화가 일어날 때는 주변의 열을 흡수하는데, 이를 기화열이라고 한다. 땀이 피부로부터 기화열을 흡수하므로 피부의 온도가 내려가 시원함을 느끼게 된다.

바로알기 ㄴ. 같은 온도라도 끓는 물보다 수증기에 의한 화상이 더 심한 까닭은 수증기의 비열이 물의 비열보다 작지만, 수증기가 피부에 닿아 액체로 변할 때 방출하는 잠열이 크기 때문이다.

ㄴ. 뚝배기는 비열이 크고 두꺼워 열용량이 크다. 열용량이 큰 물질은 온도를 변화시키는 데 많은 열량이 필요하므로, 천천히 데워지고 천천히 식는다.

- 04** ㄴ. 차가운 컵 표면에 닿은 공기 중의 수증기는 이슬점 아래로 온도가 낮아져서 액체인 물방울로 변한다. 제습기도 이 원리를 이용하여 공기 중의 습기(수증기)를 제거한다.

ㄴ. 기체 상태의 수증기가 액체 상태의 물로 상태가 변할 때는 잠열을 방출한다. 이 열 때문에 냉각기의 온도가 올라가므로, 제습기가 냉각 기능을 계속 유지하기 위해서는 흡수한 열을 냉각기에서 제거하는 과정이 필요하다.

바로알기 ㄱ. 제습기는 공기 중의 수증기를 액체 상태의 물로 상태를 변화시키는 장치이다. 공기의 온도가 이슬점 아래로 내려가면 응축이 일어나므로, 냉각기의 온도는 이

슬점보다 낮으면 되고, 반드시 0°C 이하일 필요는 없다. 만약 0°C 이하라면 물이 아닌 성에나 얼음이 생기게 된다.

- 05** ㄱ. (나)는 압력이 일정한 상태에서 부피가 팽창하는 과정이다. 샤를 법칙에 따라 부피가 두 배가 되려면 절대 온도 역시 두 배가 되어야 하므로 기체의 온도가 상승한다. 따라서 (나)에서 기체 분자의 열운동은 활발해진다.

ㄴ. 0°C , 1기압에서 1 mol의 이상 기체는 항상 22.4 L의 부피를 차지한다. 따라서 (가)에서 기체의 온도는 $0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$ 이다. (나)는 압력이 일정한 상태에서 부피가 두 배가 되었으므로, 샤를 법칙에 따라 절대 온도도 두 배가 되어야 한다. 따라서 (나)에서 기체의 온도는 $273\text{ K} \times 2 = 546\text{ K}$ 이며, 이를 섭씨온도로 환산하면 273°C 이다.

ㄴ. (다)는 부피가 일정한 상태에서 온도를 변화시키는 과정이다. (나) 상태의 압력과 온도는 각각 1기압, 546 K이고, (다) 상태의 온도는 $546^\circ\text{C} + 273 = 819\text{ K}$ 이다. 이 조건에서는 $\frac{P}{T} = \text{일정}$ 이므로, $\frac{1\text{기압}}{546\text{ K}} = \frac{P_{(d)}}{819\text{ K}}$ 이다. 따라서 (다)에서 기체의 압력 $P_{(d)} = 1.5\text{기압}$ 이다.

- 06** ㄱ, ㄴ. 이상 기체 법칙으로 처음과 t 초일 때를 나타내면 다음과 같다.

$$P_0 V_0 = n_0 R T_0 \quad \dots (\text{처음 상태})$$

$$P_1 V_1 = n_1 R T_1 \quad \dots (t\text{초일 때})$$

열기구 아래는 열려 있어 외부 대기와 맞닿아 있으므로, 가열 중에는 내부 기체의 압력은 외부 대기압과 같은 상태로 일정하게 유지된다($P_0 = P_1$). 또한 열기구 내부의 부피는 일정하므로($V_0 = V_1$) $n_0 T_0 = n_1 T_1$ 이 성립한다. 기체의 질량은 기체 분자의 양(n)에 비례하고, 열기구 내부의 부피는 일정하므로 기체의 밀도(ρ)는 기체 분자의 양에 비례한다. 따라서 위 식을 밀도로 표현하면 $\rho_0 T_0 = \rho_1 T_1$ 이다. 처음 온도를 절대 온도로 환산하면 $T_0 = 7^\circ\text{C} + 273 = 280\text{ K}$ 이고, t 초일 때 밀도가 처음의 $\frac{4}{5}$ 배가 되었으므로, t 초일 때

$$\text{기체의 온도 } T_1 \text{은 } T_1 = \frac{5}{4} T_0 = \frac{5}{4} \times 280\text{ K} = 350\text{ K} \text{이다.}$$

이를 섭씨온도로 환산하면 $350\text{ K} - 273 = 77^\circ\text{C}$ 이다.

바로알기 ㄴ. 이상 기체 법칙에서 $\frac{PV}{T} = nR$ 이다. 열기구 내부의 부피와 압력은 일정하지만, 온도가 상승함에 따라 내부 기체 분자 일부가 외부로 빠져나가므로 기체의 양(n)은 감소한다. 따라서 0초~ t 초 동안 열기구 내부 기체의 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 값은 일정하지 않고 감소한다.