



액체와 고체

차례

Part 1 · 개념 정리	1
분자 간 상호 작용	1
액체의 성질	6
고체	16
Part 2 · 기본문제	22
Part 3 · 심화문제	25
Part 4 · 정답과 해설	32
개념 체크 정답	32
기본문제 해설	33
심화문제 해설	35

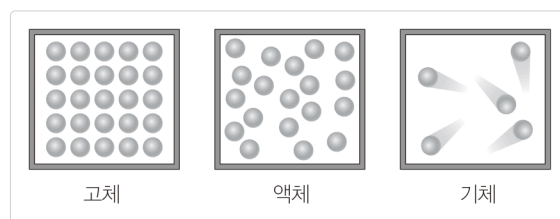
Part 1 · 개념 정리

1 분자 간 상호 작용

(1) 분자 간 힘과 물질의 상태

① **온도와 분자 운동**: 액체에 열에너지를 가하면 분자의 평균 운동 속력이 증가하여 분자 운동이 활발해져 액체의 온도가 높아진다. 이때 분자의 운동 에너지가 분자 사이에 작용하는 힘을 극복할 만큼 커지면 물질의 상태가 변하면서 기체 상태로 존재한다.

② **분자 운동과 물질의 상태**: 물질의 상태에 따른 분자의 평균 운동 에너지는 고체 < 액체 < 기체이므로 분자 운동은 기체가 가장 활발하다. 이때 분자 사이에 작용하는 힘의 세기는 고체 > 액체 > 기체이다.



③ **분자 간 힘과 끓는점**: 분자 사이에 작용하는 힘이 클수록 액체에서 기체로의 상태 변화에 많은 에너지가 필요하므로 끓는점이 높다.

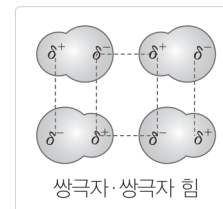
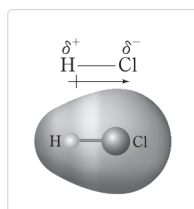
(2) 쌍극자·쌍극자 힘

① **쌍극자**: 염화 수소(HCl)와 같은 극성 분자에서 공유 전자쌍은 전기 음성도가 큰 원자 쪽으로 치우쳐 존재하게 된다. 이때 전기 음성도가 큰 Cl는 부분적인 음전하(δ^-)를, 전기 음성도가 작은 H는 부분적인 양전하(δ^+)를 띠게 되는데, 이와 같이 분자 내에 존재하는 양전하와 음전하의 쌍을 **쌍극자**라고 한다. 쌍극자 모멘트는 분자의 극성을 나타내는 척도 중 하나이다.

② 쌍극자를 갖는 극성 분자들이 서로 접근하면 쌍극자와 쌍극자 사이의 전기적인 인력이 작용하는데, 이러한 분자 간의 힘을 **쌍극자·쌍극자 힘**이라고 한다.

③ 쌍극자·쌍극자 힘은 분자의 극성이 클수록 강하다(쌍극자 모멘트의 크기는 분리된 전하의 크기가 클수록, 두 전하 사이의 거리가 멀수록 커지고, 쌍극자 모멘트의 크기가 클수록 대체로 분자의 극성이 크다).

➡ 전기적 인력은 전하를 띤 입자의 거리가 가까울수록, 전하의 크기가 클수록 크다.



④ 분자량이 비슷하면 무극성 분자 사이에 작용하는 힘보다 극성 분자 사이에 작용하는 힘이 크다.

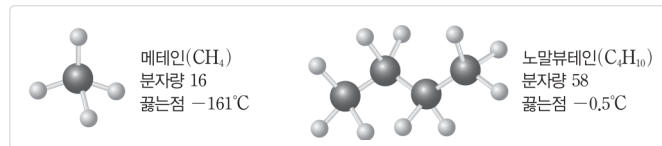
(3) 분산력

- ① **편극 현상**: 분자에서 전자구름이 일시적으로 한쪽으로 치우쳐서 부분적인 전하를 띠는 현상이 일어나는데, 이를 편극 현상이라고 한다.
- ② **분산력**: 무극성 분자 내의 편극 현상에 의해 순간적으로 형성된 쌍극자와 이웃한 분자의 유발 쌍극자 사이에 작용하는 분자 간 힘을 분산력이라고 한다. 전자가 존재하면 편극 현상이 일어나므로 모든 분자에서 분산력이 작용한다.



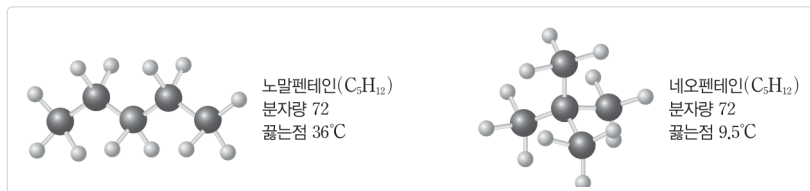
- ③ 전자의 분포는 분자 간의 영향으로 항상 변화하므로 분산력은 모든 분자 사이에 작용한다.
- ④ 분자량이 클수록 분자 내 전자가 많아 전자구름의 편극 현상이 크게 일어나므로 대체로 **분자량이 큰 분자일수록 분산력이 크다**.

예 **메테인과 노말뷰테인**: 분자량은 노말뷰테인이 메테인보다 크므로 노말뷰테인이 메테인보다 분산력이 크고, 끓는점이 높다.



- ⑤ 분자량이 비슷한 분자의 경우 구조에 따라 **분자의 표면적이 클수록 분산력이 크다**.

예 **노말펜테인과 네오펜테인**: 노말펜테인과 네오펜테인은 분자량이 같지만 표면적은 노말펜테인이 네오펜테인보다 커서 노말펜테인이 네오펜테인보다 분산력이 크고, 끓는점이 높다.



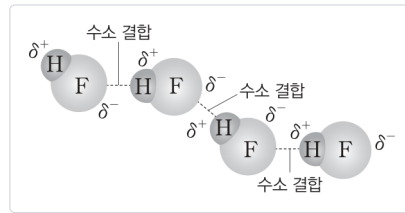
핵심 정리 상태에 따른 분자 운동 에너지는 기체 > 액체 > 고체이다. 극성 분자 내에 존재하는 양전하와 음전하의 쌍을 쌍극자라고 한다. 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 간 상호 작용으로, 순간 쌍극자와 이에 의해 유발된 유발 쌍극자 사이에 작용하는 힘이다.

개념 체크 A 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 어떤 물질의 고체, 액체, 기체 상태에서 분자 사이에 작용하는 힘의 크기는 고체 > 액체 > 기체이다. ()
- 극성 분자에서 _____ 가 큰 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 치우치게 되어, 분자 내에 양전하와 음전하의 쌍이 존재하게 된다.
- 분산력은 무극성 분자 사이에서만 일어나는 분자 간 상호 작용이다. ()

(4) 수소 결합

① F, O, N와 같이 전기 음성도가 매우 큰 원자에 결합된 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 인력을 **수소 결합**이라고 한다.



② 수소 결합을 하는 대표적인 물질에는 HF, H₂O, NH₃ 등이 있다.

③ 수소 결합을 하는 물질은 분자량이 비슷한 다른 물질보다 **끓는점이 높다**.

④ 수소 결합은 분자 사이에 작용하는 강한 힘이다. 그러나 이온 결합, 공유 결합, 금속 결합과 같은 화학 결합에 비해서는 약한 힘이다.

⑤ DNA가 이중 나선 구조를 형성하거나 단백질의 일부가 나선 구조를 이루는 것은 수소 결합이 존재하기 때문으로, 수소 결합은 생명체 내에서도 중요한 역할을 한다.



핵심 정리 대체로 분자량이 클수록 분산력이 크고, 분자량이 비슷하면 표면적이 클수록 분산력이 크다. 수소 결합을 하는 분자는 분자량이 비슷한 다른 분자들보다 끓는점이 높다.

개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 대체로 분자량이 큰 분자들이 분산력이 크다. ()
2. F, O, N와 같이 전기 음성도가 매우 큰 원자에 결합된 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 인력을 _____ 이라고 한다.
3. DNA의 염기 사이에는 수소 결합이 작용한다. ()

탐구자료 살펴보기
수소 화합물의 끓는점

자료
14~17족 원소의 수소 화합물의 주기에 따른 기준 끓는점 비교

주기	14족 (CH ₄ ~ SiH ₄)	15족 (NH ₃ ~ PH ₃)	16족 (H ₂ O ~ H ₂ S)	17족 (HF ~ HI)
2	-162	-33	100	19
3	-126	-87	-60	-82
4	-96	-63	-41	-35
5	-76	-52	-35	-35

분석

- 14족부터 17족까지의 원소는 수소와 공유 결합하여 분자를 형성한다.
- 끓는점은 분자 사이의 인력이 커질수록 높아진다.
- 14족 원소의 수소 화합물은 무극성 분자이므로 분산력만 작용한다. 이때 14족 원소의 원자 번호가 커질수록 분자량이 커져 분산력이 증가하고, 끓는점은 높아진다.
- 15족, 16족, 17족 원소의 수소 화합물은 극성 분자이므로 분산력 외에 쌍극자-쌍극자 힘이 작용한다. 그런데 같은 족에서 3주기, 4주기, 5주기로 갈수록 끓는점이 높아지는 것은 원소의 원자 번호가 커질수록 분자량이 커져 분산력이 증가하기 때문이다.
- HF, H₂O, NH₃가 끓는점이 높은 것은 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.

분석 point

수소 결합을 하는 수소 화합물은 수소 결합을 하지 않는 수소 화합물에 비해 대체로 끓는점이 높다. 또한 분산력은 모든 분자에 작용하는 힘으로 극성 분자의 경우도 분자량이 클수록 분산력이 크게 작용하여 끓는점이 높다.

탐구자료 살펴보기 — 수소 화합물의 끓는점

핵심 정리 14족 원소의 수소 화합물은 분산력만 작용하므로 분자량이 커질수록 분자 간 힘이 증가한다. 15, 16, 17족 원소의 수소 화합물은 극성 분자이므로 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하지만, 주기가 증가할수록 분산력이 증가한다. H₂O, NH₃, HF의 끓는점이 높은 이유는 수소 결합이 존재하기 때문이다.

개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- NH₃의 끓는점이 다른 15족 원소의 수소 화합물보다 높은 것은 _____ 이 존재하기 때문이다.
- SiH₄의 끓는점이 CH₄보다 높은 것은 분자량이 커서 분산력이 크기 때문이다. ()
- HBr가 HCl보다 끓는점이 높은 주된 이유는 쌍극자-쌍극자 힘이 크기 때문이다. ()

과학 돋보기

분자 간 힘 비교

물질	분자량	끓는점(°C)
H ₂ O	18	100
Cl ₂	71	-34.0
HCl	36.5	-85
F ₂	38	-188.1

[분산력 비교]

분자량이 클수록 분산력이 대체로 크다.

예 F₂과 Cl₂의 비교 : 분자량이 Cl₂(71)가 F₂(38)보다 크므로 분산력은 Cl₂가 F₂보다 크다.

[쌍극자·쌍극자 힘 유무 비교]

분자량이 비슷하면 분산력은 비슷하므로 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하는 극성 분자가 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하지 않는 무극성 분자보다 분자 사이에 작용하는 힘이 크다.

예 F₂과 HCl의 비교 : 분자량은 F₂(38)과 HCl(36.5)가 비슷하지만, HCl은 극성 분자이고, F₂은 무극성 분자이므로 분자 사이에 작용하는 힘은 HCl이 F₂보다 크다.

[수소 결합의 유무에 따른 비교]

F, O, N에 결합된 H 원자와 이웃하는 분자의 F, O, N 사이에 작용하는 수소 결합은 매우 강한 힘으로, 수소 결합을 하는 물질은 분자 사이에 작용하는 힘이 매우 크다.

예 H₂O와 Cl₂의 비교 : 분자량은 Cl₂(71)가 H₂O(18)보다 크지만, H₂O는 수소 결합을 하므로 분자 사이에 작용하는 힘은 H₂O가 Cl₂보다 크다.

과학 돋보기 — 분자 간 힘 비교

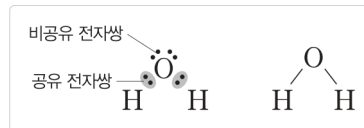
2 액체의 성질

(1) 액체

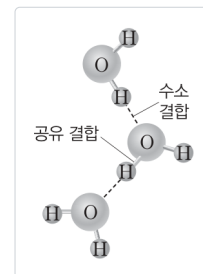
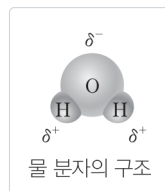
- ① 외부 압력에 따른 액체의 부피 변화는 기체에 비해 매우 작다.
- ② 액체는 유동성을 갖는 상태로 일정한 모양이 없고 용기에 따라 모양이 달라진다.
- ③ 같은 질량의 기체에 비해 그 부피가 매우 작아 기체보다 밀도가 크다.

(2) 물 분자 구조와 극성

- ① **분자 구조**: 물은 산소 원자 1개와 수소 원자 2개가 공유 결합하여 형성된다. 중심 원자인 산소 원자에 2개의 공유 전자쌍과 2개의 비공유 전자쌍이 있어 그림과 같이 분자 모양은 **굽은 형**이다.

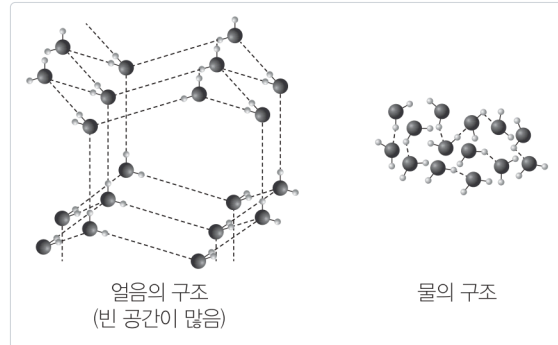


- ② **극성**: 물 분자는 전기적으로 볼 때 전체적으로 중성이다. 그러나 전기 음성도가 상대적으로 큰 산소 원자 쪽으로 공유 전자쌍이 치우침에 따라 산소 원자 쪽은 부분적인 음전하(δ^-)를 띠고, 수소 원자 쪽은 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다. 또한 굽은 형의 분자 구조를 가지는 물 분자의 쌍극자 모멘트는 0이 아니므로 물은 **극성 분자**이다.
- ③ **물의 수소 결합**: 물 분자 내의 부분적인 음전하(δ^-)를 띠는 산소 원자는 이웃하는 물 분자의 부분적인 양전하(δ^+)를 띠는 수소 원자와 수소 결합을 형성한다. 물 분자 사이에 작용하는 수소 결합은 매우 강하게 작용하는 분자 사이의 힘으로, 이 힘을 끊기 위해서는 많은 에너지가 필요하다. 물은 다른 물질과는 다른 독특한 성질을 나타내는데, 이러한 물의 특성은 대부분 수소 결합과 관련이 있다.



(3) 수소 결합에 의한 물의 특성

① **밀도와 부피 변화**: 일반적으로 물질의 상태에 따른 밀도의 크기는 고체 > 액체 > 기체이다. 그러나 물은 고체인 얼음의 밀도가 액체인 물의 밀도보다 작다. 즉, 같은 질량의 얼음의 부피는 물의 부피보다 크다. 그 이유는 물이 얼 때 1개의 물 분자가 주변에 이웃한 4개의 물 분자와 수소 결합을 하면서 **입체 육각 구조의 빈 공간이 있는 결정**을 형성하기 때문이다. 이것으로 얼음이 물 위에 뜨는 이유를 설명할 수 있다.



핵심 정리 고체 상태의 물이 액체 상태의 물보다 밀도가 작은 이유는 고체 상태에서는 수소 결합을 하면서 육각 구조의 빈 공간이 있는 결정을 형성하기 때문이다.

개념 체크 D 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 물의 분자 모양은 _____ 이다.
2. 물 분자 사이에는 수소 결합이 형성된다. ()
3. 액체 상태의 물이 고체 상태의 물이 되면 분자당 수소 결합의 수가 감소한다. ()
4. 같은 질량의 물의 부피는 액체 상태에서의 고체 상태에서의보다 크다. ()

탐구자료 살펴보기 온도에 따른 H₂O의 부피와 밀도

자료 1 atm에서 얼음을 가열하여 물이 될 때 H₂O 1 g의 온도에 따른 부피와 밀도 변화

부피 (cm³)

온도(°C)

밀도 (g/cm³)

온도(°C)

분석

- 얼음의 온도가 높아지면 분자 운동이 활발해지므로 부피가 증가하고 밀도는 감소한다.
- 0°C에서 얼음이 녹아 0°C 물이 될 때 얼음의 결정 구조를 이루는 수소 결합의 일부가 끊어지면서 부피는 감소하고 밀도는 증가한다.
- 0°C → 4°C에서는 열팽창에 의해 생기는 액체의 부피 증가보다 수소 결합이 끊어지면서 생기는 부피 감소가 더 크기 때문에 물의 부피는 감소하고 밀도는 증가한다.
- 4°C 이상에서는 온도 증가에 따른 액체의 열팽창으로 인해 부피가 증가하고 밀도는 감소한다.

분석 point 물 분자 간 수소 결합은 매우 강하여 얼음이 될 때 입체 육각 구조가 형성되어 유지되면서 빈 공간들이 나타난다. 따라서 물은 다른 물질과 달리 고체인 얼음의 밀도가 액체인 물의 밀도보다 작다.

탐구자료 살펴보기 — 온도에 따른 H₂O의 부피와 밀도

② 녹는점과 끓는점

- 고체가 액체로 상태가 변화되거나 액체가 기체로 상태가 변화될 때는 분자 간 힘을 끊어야 하므로 열에너지가 필요하다. 일반적으로 분자 사이에 작용하는 힘이 클수록 고체가 액체로 되거나 액체가 기체로 될 때 더 많은 열에너지가 필요하므로 녹는점과 끓는점이 높다.
- 물은 분자 간에 수소 결합을 형성하므로 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 분자 간 힘이 크다. 따라서 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 **녹는점과 끓는점이 높다**.

물질	분자량	녹는점(°C)	끓는점(°C)
메테인(CH ₄)	16	-182.5	-161.5
암모니아(NH ₃)	17	-77.7	-33.3
물(H ₂ O)	18	0	100

③ **기화열(증발열)**: 물 분자는 분자 간 힘이 커서 분자량이 비슷한 다른 물질에 비해 분자 사이에 작용하는 힘을 끊고 상태를 변화시키는 데 필요한 열량이 크다. 즉, 물은 분자량이 비슷한 다른 물질보다 **기화열(증발열)이 매우 크다**.

예 더운 여름철 마당에 물을 뿌리면 시원해진다. 그 이유는 증발열이 큰 물이 증발하면서 주위의 열을 많이 흡수하기 때문이다.

④ **비열**: 물질 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량을 비열이라고 한다.

• 같은 물질이라도 물질의 상태에 따라 비열이 달라지고, 질량이 같을 때 비열이 큰 물질일수록 온도를 높이는 데 많은 열량이 필요하다. 따라서 비열이 큰 물질일수록 같은 열량에 따른 온도 변화가 작게 나타난다.

H ₂ O의 상태	고체(얼음)	액체(물)	기체(수증기)
비열(J/(g·°C))	2.10	4.18	2.08

• 물은 비열이 크므로 같은 질량의 다른 액체 물질에 비해 가열할 때 온도가 서서히 높아지고 냉각할 때 온도가 서서히 낮아진다.

물질	물(H ₂ O)	에탄올(C ₂ H ₅ OH)	아세톤(CH ₃ COCH ₃)
비열(J/(g·°C))	4.18	2.44	2.18

• 한낮에는 바다보다 비열이 작은 육지의 온도가 더 빨리 높아지기 때문에 육지 쪽 공기가 상대적으로 따뜻하고, 바다 쪽 공기가 상대적으로 차갑다. 반면, 밤에는 육지의 온도가 더 빨리 낮아지기 때문에 육지 쪽 공기가 상대적으로 차갑고, 바다 쪽 공기가 상대적으로 따뜻하다. 이러한 이유로 낮에는 해풍이, 밤에는 육풍이 분다.

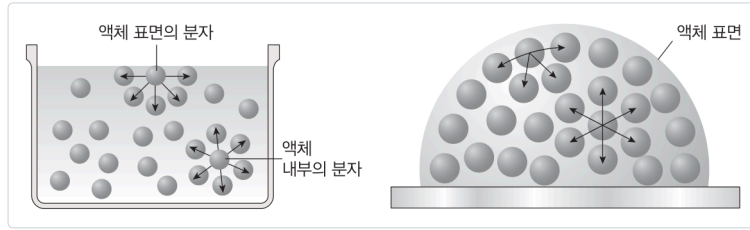
• 생물체 내의 물은 외부 기온의 변화에 관계없이 체온을 일정하게 유지하는 데 도움을 준다.

핵심 정리 물은 분자 간에 강한 수소 결합을 형성하므로 분자량이 비슷한 다른 물질들에 비하여 분자 간 힘이 크다. ➔ 끓는점이 높고, 기화열, 비열, 표면 장력이 크다.

개념 체크 E 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 0 °C 얼음의 부피는 0 °C 물보다 크다. ()
- 0 °C에서 4 °C로 될 때 액체 상태의 물의 밀도는 증가한다. ()
- 물의 밀도는 0 °C일 때가 가장 크다. ()
- 물은 분자량이 큰 다른 물질에 비하여 비열이 크므로 온도 변화가 크게 나타난다. ()

⑤ **표면 장력**: 표면 장력은 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지로 정의되며, 표면 장력이 클수록 액체가 표면적을 최소화하려는 경향이 크다. 표면 장력이 생기는 이유는 액체 내부의 분자는 모든 방향으로 힘을 받지만 액체 표면의 분자는 액체 내부로만 힘을 받기 때문에 불안정하다. 따라서 표면으로 분자를 끌어내는 데 에너지가 필요하며, 액체는 표면적을 줄여 에너지를 최소화하려는 성질을 가진다.



➡ 분자 사이에 작용하는 힘이 큰 액체일수록 대체로 표면 장력이 크다. 물은 분자 간에 수소 결합을 하기 때문에 다른 물질에 비해 분자 간 힘이 크므로 **표면 장력이 크다**. 물방울 표면에 있는 물 분자들은 물방울 중심 방향으로만 힘을 받게 되면서 구형을 이루게 되는데, 이는 액체가 구형일 때 가장 작은 표면적을 갖기 때문이다.

예 • 물보다 밀도가 큰 바늘이나 클립 등을 물 위에 띄울 수 있다.

- 물이 가득 담긴 유리컵에 클립이나 동전을 넣어도 물이 바로 흘러넘치지 않는다.
- 소금쟁이가 물 위에 떠서 다닐 수 있다.
- 풀잎에 물방울이 둥근 모양으로 맺힌다.

탐구자료 살펴보기 **물의 표면 장력**

실험 과정 실험 I. 물과 잘 섞이지 않는 양초로 문지른 유리 판의 표면에 스포이트로 물을 몇 방울 떨어뜨린 후 관찰한다.

 실험 II. 컵에 물을 가득 담고, 클립을 1개씩 조심스럽게 넣으면서 물의 표면을 관찰한다.

실험 결과 실험 I. 물방울이 둥근 모양이다.

 실험 II. 컵의 물이 바로 넘치지 않고 컵 위로 볼록하게 올라온다.



실험 I



실험 II

분석 point • 실험 I 에서 물방울이 둥근 모양을 나타내는 이유는 물의 표면 장력이 작용하기 때문이다.

 • 실험 II 에서 물이 바로 넘치지 않고 위로 볼록하게 올라오는 이유는 물의 표면 장력이 작용하여 가장자리

탐구자료 살펴보기 — 물의 표면 장력

핵심 정리 비열은 물질 1 g의 온도를 1 °C 높이는 데 필요한 열량으로, 질량이 같을 때 비열이 큰 물질일수록 온도를 높이는 데 더 많은 열량이 필요하다. 표면 장력은 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지이다. ➡ 표면 장력이 클수록 액체 방울의 표면이 구형에 가까워진다.

개념 체크 F 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

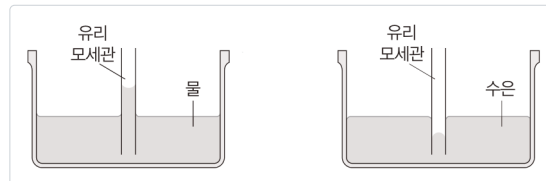
1. 낮에는 해풍이 불고, 밤에는 육풍이 부는 까닭은 물의 _____ 이 크기 때문이다.
2. 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지를 _____ 이라고 한다.
3. 물이 가득 담긴 컵에 동전을 넣어도 물이 넘치지 않는 것은 물의 표면 장력이 크기 때문이다. ()

⑥ **모세관 현상**: 액체 속에 모세관을 넣었을 때 모세관 내의 액체 면이 외부의 액체 면보다 높아지거나 낮아지는 현상을 **모세관 현상**이라고 한다.

• 물속에 유리 모세관을 넣었을 때는 물과 유리 모세관 사이의 부착력이 물 분자들끼리의 응집력보다 크기 때문에 모세관 안쪽 수면은 모세관 바깥쪽보다 위로 올라가고, 모양은 아래로 오목해진다.

예 종이나 수건의 주성분인 셀룰로스에 대하여 물의 부착력이 커서 종이나 수건의 미세한 틈 사이로 물이 스며든다.

• 수은 속에 유리 모세관을 넣었을 때는 수은의 응집력이 수은과 유리 모세관 사이의 부착력보다 크기 때문에 모세관 안쪽 수은 면은 모세관 바깥쪽보다 아래로 내려가고, 모양은 위로 볼록해진다.



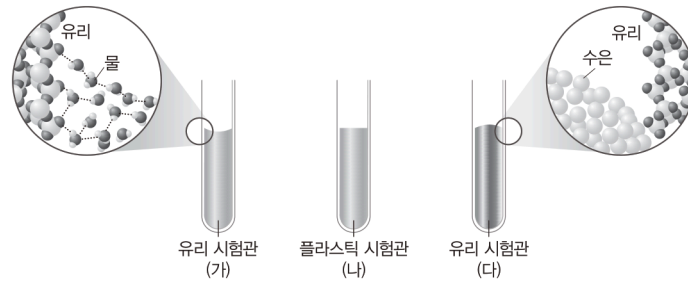
핵심 정리 모세관 현상은 가느다란 관을 따라 액체가 올라가거나 내려가는 현상을 말한다.

개념 체크 G 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

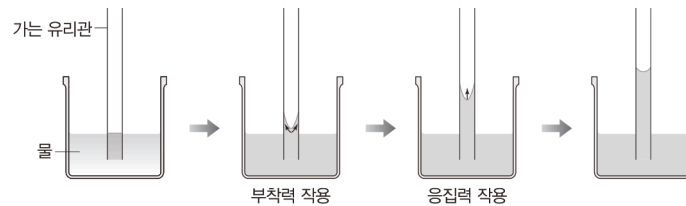
1. 물속에 유리 모세관을 넣으면 모세관 안쪽 수면은 바깥쪽보다 위쪽으로 올라가는데, 이를 _____ 이라고 한다.
2. 모든 액체에 모세관을 넣으면 모세관 안쪽 수면이 바깥쪽보다 위로 올라간다. ()
3. 수은은 부착력이 응집력보다 작기 때문에 수은에 유리관을 넣으면 안쪽 수은 면이 바깥쪽보다 높이가 낮다. ()

과학 돋보기

물의 부착력과 응집력



- (가) : 유리 시험관에 물을 넣었을 때 수면은 가운데 부분이 오목하게 들어가고 가장자리 쪽은 시험관 벽에 붙어 약간 올라간다.
- (나) : 플라스틱 시험관에 물을 넣었을 때 수면은 거의 수평이다.
- (다) : 유리 시험관에 수은을 넣었을 때 수은 면은 가운데 부분이 볼록하게 올라가고 가장자리 쪽은 약간 내려간다.
- 물 분자 사이의 힘과 같이 같은 종류의 입자 사이에 작용하는 힘을 응집력이라고 하고, 물과 유리와 같이 다른 종류의 입자 사이에 작용하는 힘을 부착력이라고 한다.
- (가)에서 유리와 물 분자 사이의 부착력이 물 분자 사이의 응집력보다 크기 때문에 물 분자가 유리벽을 타고 더 올라가게 되어 수면의 가운데 부분이 오목해진다.
- (다)에서 수은 사이의 응집력이 유리와 수은 사이의 부착력보다 크기 때문에 수은 면의 가운데 부분이 볼록해진다.
- 모세관 현상의 원리 : 물이 들어 있는 용기에 가느다란 유리관을 세워 놓으면 유리관 내부 벽과 물 분자 사이의 부착력으로 물 분자가 올라가게 되고, 유리벽을 따라 올라간 물 분자와 수면의 물 분자 사이의 응집력에 의해 당겨져 올라가기 때문에 모세관 현상이 나타난다. 부착력과 응집력에 의해 모세관 안쪽의 수면은 점점 올라가다가 모세관 안쪽과 바깥쪽의 중력 차를 더 이상 극복하지 못하는 높이에서 멈춘다.



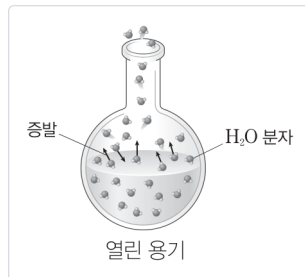
과학 돋보기 — 물의 부착력과 응집력

(4) 액체의 증기 압력

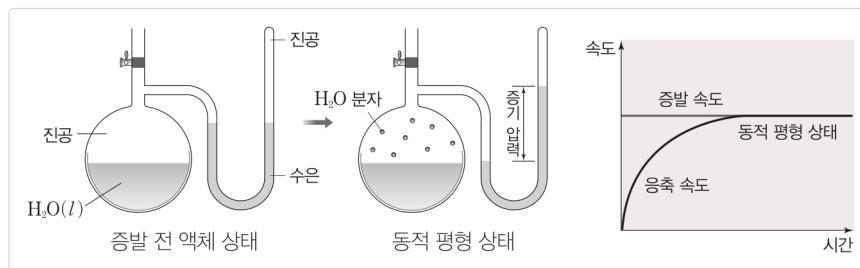
① **증발**: 액체 표면의 분자는 내부에 있는 분자에 비해 분자 사이에 작용하는 힘이 상대적으로 작기 때문에 기화되어 날아가는데 이러한 현상을 증발이라고 한다.

➡ 열린 용기에 물을 담아두면 증발이 일어나 시간이 지나면 물의 양이 점점 줄어든다.

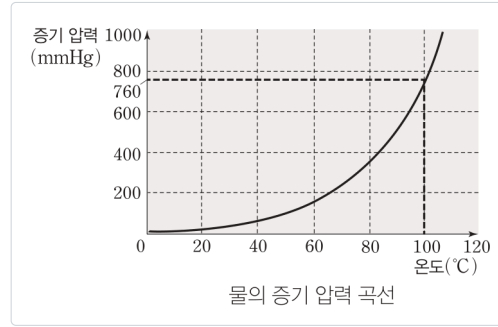
② **응축**: 액체가 담긴 용기를 뚜껑으로 막으면 오랜 시간이 지나도 액체의 양은 거의 변하지 않는다. 이는 액체 표면에서 증발된 기체 분자들 중 일부가 액체 표면과 충돌을 통해 다시 액체로 변하기 때문인데 이를 응축이라고 한다.



③ **동적 평형과 증기 압력**: 액체 표면에서 일어나는 증발은 액체 분자의 분자 사이의 힘과 운동에 따라 달라지므로 온도의 영향을 받는다. 따라서 온도가 일정할 때 액체 표면에서 일어나는 증발 속도는 일정하다. 그러나 증발된 기체 분자가 다시 응축되는 것은 단위 부피당 기체 분자 수가 많을수록 잘 일어나므로 닫힌 용기에서 응축 속도는 시간이 지날수록 증가하게 된다. 일정한 온도에서 닫힌 용기 내 액체 표면에서의 증발 속도와 증기의 응축 속도가 같아져 동적 평형이 되면 증기의 양이 일정하게 유지된다. 이때 증기가 나타내는 압력을 그 액체의 **증기 압력**이라고 한다.



④ **온도와 증기 압력**: 액체의 온도가 높아지면 분자의 평균 운동 에너지가 증가하여 분자들의 증발 속도가 증가하고 이에 따라 증기 압력이 증가한다. 이와 같이 온도에 따른 액체의 증기 압력을 나타낸 것을 **증기 압력 곡선**이라고 한다.



핵심 정리 액체의 증기 압력은 밀폐된 용기에 들어 있는 액체의 증발 속도와 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에서 증기가 나타내는 압력이다. 증기 압력 곡선은 온도에 따른 액체의 증기 압력을 나타낸 것이다.

개념 체크 H 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 액체의 증기 압력은 밀폐된 용기에서 증발 속도와 _____ 속도가 같은 동적 평형 상태에서 증기가 나타내는 압력이다.
2. 증발과 응축은 액체의 표면에서 일어나는 현상이다. ()
3. 액체의 온도가 높아지면 분자의 평균 운동 에너지가 증가하여 액체의 증기 압력이 커진다. ()

⑤ **증기 압력 곡선과 끓는점**: 액체의 온도가 높아져서 증기 압력이 점점 증가하다가 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같아지게 되면 액체 내부에서도 기화가 일어나면서 기포가 발생하게 되는데 이러한 현상을 끓음이라고 한다. 또한 이때의 온도를 액체의 **끓는점**이라고 한다. 특히 외부 압력이 1 atm일 때의 끓는점을 **기준 끓는점**이라고 하며 물의 기준 끓는점은 100 °C이다.

⑥ **분자 사이의 힘과 끓는점**: 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 분자 사이의 힘을 끊고 기체로 상태 변화되기 위해 많은 열에너지가 필요하다. 대체로 분자 사이의 힘이 클수록 액체 표면에서의 증발 속도는 작게 나타나며 증기 압력도 작게 나타난다. 분자 사이의 힘이 클수록 외부 압력과 같아지기 위해 보다 많은 열에너지가 필요하므로 높은 온도에서 끓게 된다. 따라서 분자 사이의 힘이 클수록 같은 온도에서 대체로 증기 압력이 작으며, 기준 끓는점이 높은 경향이 있다.

탐구자료 살펴보기

여러 가지 물질의 증기 압력 곡선

자료

다이에틸 에테르, 에탄올, 물의 증기 압력 곡선

분석

- 온도가 높아질수록 액체의 증기 압력이 커지는데, 이는 온도가 높아질수록 액체 표면에서의 증발 속도가 커지면서 증기의 양(mol)이 증가하고, 또한 증기의 온도가 높아지기 때문이다.
- 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도를 끓는점이라고 하며, 외부 압력이 1 atm(760 mmHg) 일 때의 끓는점을 기준 끓는점이라고 한다.
- 각 액체의 기준 끓는점

물질	다이에틸 에테르	에탄올	물
기준 끓는점(°C)	34.5	78.2	100

- 상온(25°C)에서 증기 압력은 다이에틸 에테르 > 에탄올 > 물이고, 분자 사이의 힘이 작을수록 증기 압력이 크므로 분자 사이의 힘은 물 > 에탄올 > 다이에틸 에테르이다.
- 증기 압력이 작은 물질일수록 외부 압력과 증기 압력이 같아지기 위해 높은 온도가 필요하므로 끓는점이 높다. 따라서 분자 사이의 힘이 클수록 기준 끓는점이 높다.
- 외부 압력이 1 atm보다 작으면 물은 100°C보다 낮은 온도에서 끓는다.

분석 point

액체 분자 사이의 힘이 클수록 대체로 증기 압력이 작고 끓는점은 높다. 따라서 물질의 기준 끓는점을 알면 액체 분자 사이의 힘을 비교할 수 있다.

탐구자료 살펴보기 — 여러 가지 물질의 증기 압력 곡선

핵심 정리 끓는점은 액체가 기체로 상태 변화할 때의 온도로, 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도이다. ➡ 분자 사이의 힘이 클수록 끓는점이 높다.

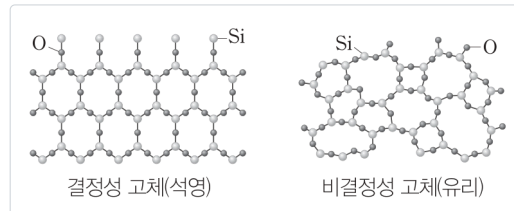
개념 체크 I 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 끓는점은 액체의 _____ 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도이다.
- 액체 A의 끓는점이 액체 B보다 높으면, 분자 사이의 인력은 A (> , <) B이다.
- (탐구자료 살펴보기 — 여러 가지 물질의 증기 압력 곡선) 34.5 °C에서 3가지 물질의 증기 압력을 비교하시오.
- (탐구자료 살펴보기 — 여러 가지 물질의 증기 압력 곡선) 다이에틸 에테르의 기준 끓는점은 에탄올보다 _____ 다.

3 고체

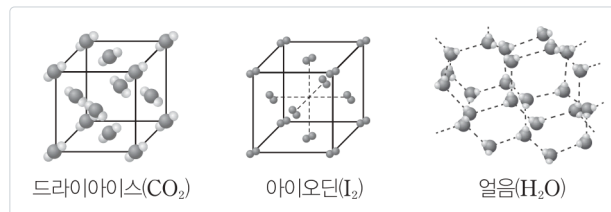
(1) 고체의 분류

- ① **결정성 고체**: 고체를 이루는 원자, 이온, 분자 등이 규칙적으로 배열되어 있다. 입자 사이에 작용하는 힘의 크기가 일정하므로 녹는점이 일정하다. 예 석영, 염화 나트륨 등
- ② **비결정성 고체**: 고체를 이루는 원자, 이온, 분자 등이 불규칙적으로 배열되어 있다. 기본 입자 사이에 작용하는 힘의 크기가 일정하지 않으므로 녹는점이 일정하지 않다. 예 유리, 옻, 고무 등

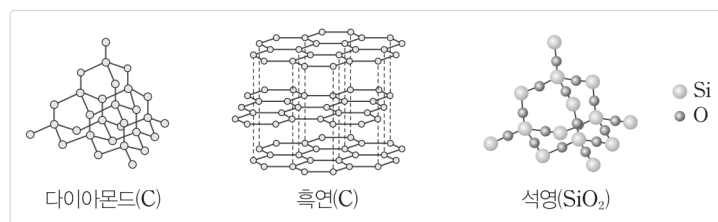


(2) 결정의 종류

- ① **분자 결정**: 대체로 비금속 원자들의 공유 결합으로 형성된 분자들이 분자 사이에 작용하는 힘에 의해 규칙적으로 배열되어 이루어진 결정이다. 일반적으로 화학 결합에 비해 분자 사이에 작용하는 힘은 상대적으로 매우 약해 녹는점과 끓는점이 대체로 낮고, 승화성이 있는 물질도 있다. 고체 상태와 액체 상태에서 전기 전도성이 없다.

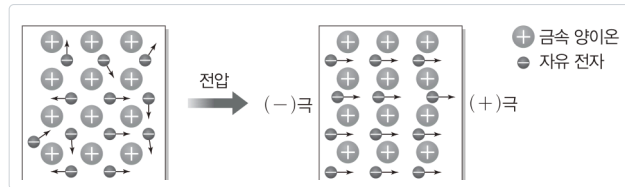


- ② **공유 결정(원자 결정)**: 구성 원자들이 모두 공유 결합에 의해 그물처럼 복잡하게 배열되어 이루어진 결정이다. 녹는점, 끓는점이 매우 높으며 고체 상태에서 전기 전도성은 대부분 없지만 흑연의 경우에는 구조적인 특성으로 전기 전도성이 있다.

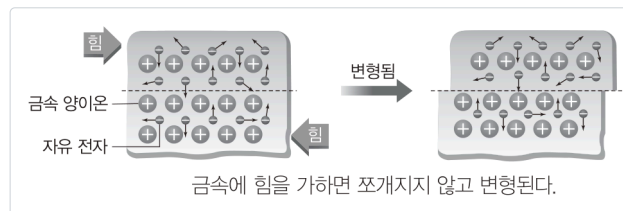


③ **금속 결정**: 금속은 양전하를 띠는 금속 양이온이 규칙적으로 배열되어 있고, 음전하를 띠는 자유 전자가 금속 양이온 사이를 자유롭게 돌아다니는 상태로 구성되어 있다. 이들 금속 양이온과 자유 전자 사이의 전기적 인력에 의한 화학 결합을 **금속 결합**이라고 하며, 금속 결합으로 이루어진 결정을 **금속 결정**이라고 한다. 대부분의 금속은 밀도가 크며, 녹는 점과 끓는점이 비교적 높아 수은을 제외한 대부분의 금속은 상온에서 결정성 고체로 존재한다. 또한 금속 양이온 사이를 자유롭게 돌아다니는 자유 전자 때문에 금속은 다양한 특성을 갖는다.

• **열 전도성과 전기 전도성이 크다.** → 열을 가했을 때 자유 전자의 활발한 운동에 의해 열이 잘 전달되고, 전압을 걸어 주면 금속의 자유 전자가 (-)극에서 (+)극 쪽으로 이동하면서 전류가 잘 흐른다.



• **전성(퍼짐성)과 연성(뺨힘성)이 좋다.** → 외부에서 힘을 가하면 금속 양이온들의 배열이 달라지면서 이웃한 양이온 사이의 반발력이 증가하지만 자유 전자에 의해 반발력이 완화되면서 변형된 형태가 유지된다. 이러한 금속의 성질을 이용하여 가공을 통해 다양한 형태의 금속 제품을 만들거나 실과 같은 가느다란 형태로 뽑아 이용하기도 한다.



핵심 정리 결정성 고체는 녹는점이 일정하고, 비결정성 고체는 녹는점이 일정하지 않다. 분자 결정은 분자 사이의 약한 힘에 의해, 공유 결정은 원자들이 공유 결합에 의해 복잡하게 배열되어 이루어진 결정이다. 금속 결정은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 전기적 인력에 의한 결합인 금속 결합으로 이루어진 결정이다.

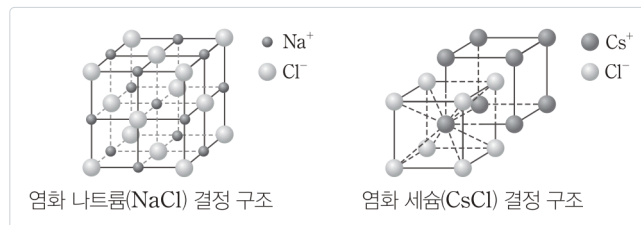
개념 체크 J 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 비결정성 고체는 입자 사이에 작용하는 힘의 크기가 일정하지 않으므로 녹는점이 일정하지 않다. ()
2. 드라이아이스(CO_2), 얼음(H_2O)은 _____ 결정이다.
3. 다이아몬드(C), 석영(SiO_2)은 _____ 결정이다.
4. 고체 나트륨(Na), 고체 마그네슘(Mg) 등의 금속 결정에는 금속 양이온 사이를 자유롭게 돌아다니는 _____ 가 있다.

④ **이온 결정**: 양이온과 음이온이 전기적 인력으로 결합되어 이루어진 결정이다. 결정을 이루는 이온의 종류와 크기에 따라 다양하고 독특한 모양의 결정 구조를 갖는다. 대표적인 예는 염화 나트륨과 염화 세슘이다.

• 염화 나트륨 결정의 경우 1개의 나트륨 이온(Na^+) 주위에 전후상하좌우로 6개의 염화 이온(Cl^-)이 배치되어 있다. 마찬가지로 1개의 염화 이온(Cl^-) 주위에 전후상하좌우로 6개의 나트륨 이온(Na^+)이 배치되어 있다.

• 염화 세슘 결정의 경우 1개의 세슘 이온(Cs^+)이 정육면체의 중심에 있다고 할 때, 8개의 염화 이온(Cl^-)이 정육면체의 각 꼭짓점에 배치되어 있다. 마찬가지로 1개의 염화 이온(Cl^-) 주위에 8개의 세슘 이온(Cs^+)이 정육면체의 각 꼭짓점에 배치되어 있다.



⑤ **결정의 종류와 특성**: 분자 결정, 공유 결정(원자 결정), 금속 결정, 이온 결정의 4가지 결정은 각각의 몇 가지 물리적 특성을 이용하여 구분할 수 있다.

결정의 종류	구성 입자	입자 사이의 힘	녹는점	전기 전도성	
				고체	액체
분자 결정	분자	분자 간 힘	대체로 낮음	없음	없음
공유 결정 (원자 결정)	원자	공유 결합	매우 높음	없음	없음
금속 결정	금속 양이온과 자유 전자	금속 결합	높음	있음	있음
이온 결정	이온	이온 결합	높음	없음	있음

※ 원자 결정 중 흑연과 같은 물질은 전기 전도성이 있음

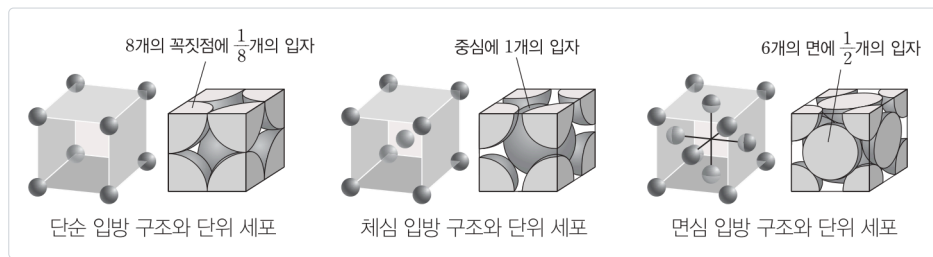
핵심 정리 금속이 전성(퍼짐성)과 연성(뺨힘성)이 좋은 이유는 금속 결합의 특징 때문이다. 이온 결정은 양이온과 음이온의 전기적 인력으로 결합되어 이루어진 결정이다.

개념 체크 K 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 금속이 전성과 연성이 좋은 이유는 금속 결합을 이루는 자유 전자에 의해 결합이 끊어지지 않고 유지되기 때문이다. ()
2. 고체 NaCl 과 고체 CsCl 은 _____ 결정이다.
3. 고체 NaCl 에서 Na^+ 은 1개의 Cl^- 에 둘러싸여 있다. ()

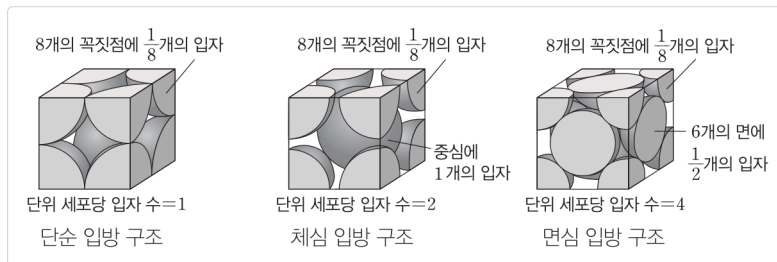
(3) 결정 구조

- ① **단위 세포**: 각 결정성 고체를 구성하는 입자들은 규칙적인 배열을 갖는 결정 격자 구조를 가지고 있는데, 각 결정 격자 구조에서 3차원적으로 반복되는 가장 작은 단위 구조를 단위 세포라고 한다. 이들 단위 세포가 반복적으로 배열되면서 결정성 고체를 형성한다.
- ② **단순 입방 구조**: 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점에 동일한 입자가 배열된 구조이다.
- ③ **체심 입방 구조**: 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 각각 동일한 입자가 배열된 구조이다.
- ④ **면심 입방 구조**: 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포의 6개의 면 중심에 각각 동일한 입자가 배열된 구조이다.



- ⑤ **단위 세포당 입자 수**: 단위 세포의 각 꼭짓점은 8개의 단위 세포가 만나는 지점이고, 단위 세포의 각 면은 2개의 단위 세포가 공유한다. 또한 단위 세포의 각 모서리는 4개의 단위 세포가 공유하므로 단위 세포에서 입자가 위치하는 지점에 따라 단위 세포에 포함된 입자 수는 다음과 같다.

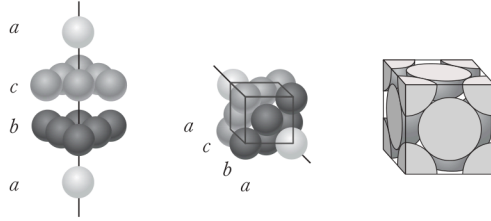
- 꼭짓점에 있는 입자 : $\frac{1}{8}$ 개의 입자
- 면에 있는 입자 : $\frac{1}{2}$ 개의 입자
- 모서리에 있는 입자 : $\frac{1}{4}$ 개의 입자
- 중심에 있는 입자 : 1개의 입자



핵심 정리 단위 세포는 결정 격자 구조에서 3차원적으로 반복되는 가장 작은 단위 구조이다. 단위 세포당 입자 수는 단순 입방 구조가 1, 체심 입방 구조가 2, 면심 입방 구조가 4이다.

탐구자료 살펴보기 면심 입방 구조의 단위 세포 만들기

- 실험 과정**
1. 스티로폼 공 6개로 이루어진 삼각형 모양 b , c 를 만든다.
 2. 삼각형 c 를 180° 돌려 삼각형 b 와 어긋나게 쌓는다.
 3. 위 아래 삼각형의 중심에 공 a 를 각각 붙인다.
 4. 구조물을 바닥에 놓고 정육면체로 단면을 자른다.



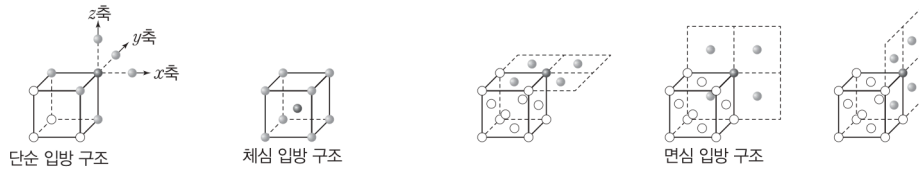
- 실험 결과**
- 과정 1~3과 같이 공을 붙이면 정육면체의 면심 입방 구조가 완성된다.
 - 과정 4와 같이 단면을 자르면 면심 입방 구조의 단위 세포가 만들어진다.

분석 point 단위 세포에서 정육면체의 8개의 꼭짓점에 $\frac{1}{8}$ 개의 입자와 6개의 면에 $\frac{1}{2}$ 개의 입자가 존재하므로 단위 세포에 포함된 입자 수는 4이다.

탐구자료 살펴보기 — 면심 입방 구조의 단위 세포 만들기

과학 돋보기 결정 구조에서 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수

- 단순 입방 구조 : 정육면체의 각 꼭짓점에 입자가 위치하므로 단위 세포의 한 입자를 중심으로 볼 때 이 입자는 8개의 단위 세포가 공유하고 있다. 따라서 x , y , z 축 방향으로 각각 2개의 입자가 둘러싸고 있는 구조이다. $\Rightarrow$ 6개
- 체심 입방 구조 : 단위 세포 중심에 위치한 입자를 중심으로 볼 때 가장 가까운 거리에 있는 입자는 정육면체의 8개 꼭짓점에 위치한 입자이다. $\Rightarrow$ 8개
- 면심 입방 구조 : 단위 세포에서 꼭짓점에 있는 입자를 중심으로 볼 때, 이 입자를 포함하는 xy , yz , xz 평면으로 각각 4개씩의 입자가 같은 거리에 위치하여 둘러싸고 있다. $\Rightarrow$ 12개
(※ 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수를 파악할 수 있도록 각각 다른 색으로 표현하였으나 한 단위 세포 내에서 모든 입자는 동일한 입자이다.)



과학 돋보기 — 결정 구조에서 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수

핵심 정리 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자의 수는 단순 입방 구조가 6, 체심 입방 구조가 8, 면심 입방 구조가 12이다.

개념 체크 L 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 단순 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 꼭짓점에 _____ 개의 입자가 배열된 구조이다.
2. 체심 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 꼭짓점에 _____ 개, 중심에 _____ 개의 입자가 배열된 구조이다.
3. 면심 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 꼭짓점에 _____ 개, 단위 세포의 면 중심에 _____ 개의 입자가 배열된 구조이다.
4. 단위 세포당 입자 수는 단순 입방 구조가 _____ 개, 체심 입방 구조가 _____ 개, 면심 입방 구조가 _____ 개이다.

(4) 기체, 액체, 고체 사이의 상변화

① **온도에 따른 상변화**: 일정한 압력에서 물질을 일정한 열원으로 가열하면 상변화가 없을 때는 온도가 높아지지만, 상변화가 일어날 때는 가해 준 열이 상변화에만 쓰이므로 온도가 일정하게 유지된다. 이때 고체에서 액체로의 상변화 온도는 **녹는점**이고, 액체에서 기체로의 상변화 온도는 **끓는점**이다.

예 1 atm에서 고체인 얼음을 일정한 열원으로 가열하면 0 °C에서 물로 상변화가 일어나고, 100 °C에서 수증기로 상변화가 일어난다.

② **압력에 따른 상변화**: 일정한 온도에서 물질에 가해지는 압력을 변화시키면 상변화가 일어난다. 기체에 압력을 가하면 부피가 줄어들면서 기체 분자 사이의 거리가 가까워져 상호 간 작용하는 힘이 증가하므로 액체나 고체로 변하게 된다.

예 스케이트를 신고 얼음판 위에 서면 얼음이 녹아 물이 되면서 스케이트가 잘 미끄러진다.

개념 체크 M

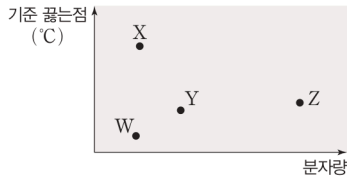
빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 단위 세포에 포함된 입자 수 비는 단순 입방 구조 : 체심 입방 구조 : 면심 입방 구조 = _____ 이다.
2. 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수 비는 단순 입방 구조 : 체심 입방 구조 : 면심 입방 구조 = _____ 이다.
3. 0 °C, 1 atm에서 물의 안정한 상은 _____ 가지이다.

Part 2 · 기본문제

12문항 · 정답과 해설은 Part 4.

01 그림은 4가지 화합물의 분자량과 기준 끓는점을 나타낸 것이다. W~Z는 각각 CH_4 , H_2O , PH_3 , HBr 중 하나이다.



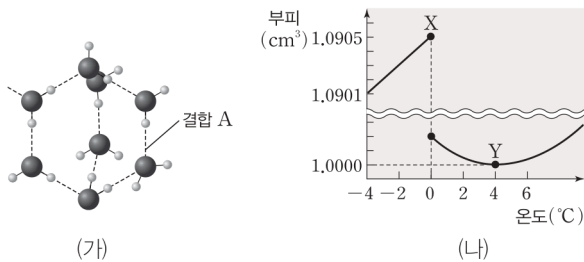
액체 상태의 W~Z에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, H, C, O, P, Br의 원자량은 각각 1, 12, 16, 31, 80이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. W 분자 사이에는 분산력만 작용한다.
- ㄴ. W보다 X의 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 수소 결합 때문이다.
- ㄷ. Y와 Z에는 모두 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 $\text{H}_2\text{O}(s)$ 의 모형을, (나)는 1 atm에서 H_2O 1 g의 부피를 나타낸 것이다.



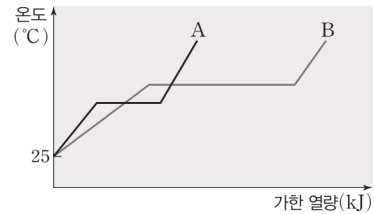
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에서 Y일 때, H_2O 분자 사이에는 결합 A가 있다.
- ㄴ. (나)에서 X일 때, $\text{H}_2\text{O}(s)$ 의 모형은 (가)와 같다.
- ㄷ. 1 L에 들어 있는 H_2O 의 분자 수는 $X > Y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 25°C , 1 atm에서 같은 질량의 A(l)와 B(l)를 각각 가열할 때, 가한 열량에 따른 온도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.
- ㄴ. 액체 상태의 비열($\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$)은 $A > B$ 이다.
- ㄷ. 기화열(kJ/g)은 $A > B$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

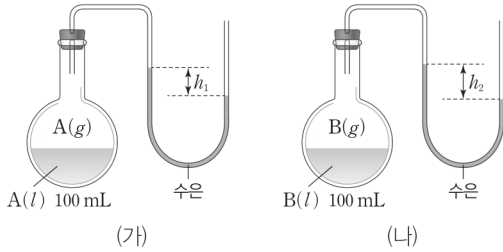
04 다음은 물과 관련된 일상생활 속 현상에 대한 설명이다.

- (가) 젖은 머리카락이 서로 붙는다.
- (나) 빨대 속 물이 위로 올라간다.
- (다) 물 위에 떠 있는 클립이 가라앉지 않는다.
- (라) 페이퍼 타월로 손의 물을 닦을 수 있다.

(가)~(라)의 주된 이유를 물의 표면 장력과 모세관 현상으로 옳게 구분한 것은?

표면 장력	모세관 현상
① (가), (나)	(다), (라)
② (가), (다)	(나), (라)
③ (가), (라)	(나), (다)
④ (나), (다)	(가), (라)
⑤ (나), (라)	(가), (다)

05 그림은 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 진공 용기에 A(l)와 B(l)를 각각 넣고 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다. $h_2 > h_1$ 이다.



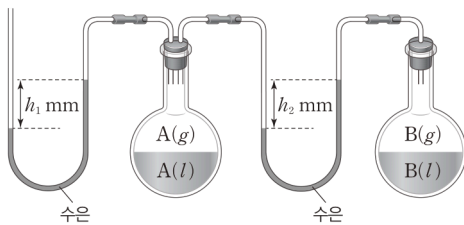
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 일정하고, 대기압은 760 mmHg이며, 수은의 증기 압력은 무시한다. 온도에 따른 A와 B의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)에서 A(l) 10 mL를 추가하여 평형에 도달하면 h_1 은 감소한다.
- ㄴ. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력은 760 mmHg보다 작다.
- ㄷ. 기준 끓는점은 B(l)가 A(l)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

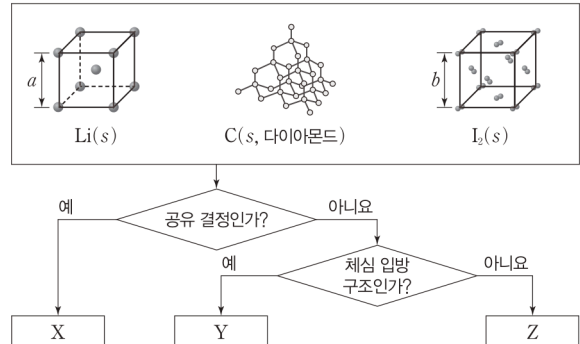
06 그림은 25°C 에서 같은 부피의 A(l)와 B(l)를 진공 용기에 각각 넣어 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



25°C 에서 B(l)의 증기 압력(mmHg)과, A(l)와 B(l)의 기준 끓는점을 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이고, 수은의 증기 압력은 무시하며, 온도에 따른 A와 B의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

- | | 25°C 에서 B(l)의 증기 압력(mmHg) | 기준 끓는점 |
|---|---|---------------------|
| ① | $760 - h_1 - h_2$ | A(l) > B(l) |
| ② | $760 - h_1 - h_2$ | A(l) < B(l) |
| ③ | $760 - h_2$ | A(l) > B(l) |
| ④ | $760 - h_2$ | A(l) < B(l) |
| ⑤ | $760 - h_1 + h_2$ | A(l) = B(l) |

07 그림은 고체 X~Z를 분류하는 과정을 나타낸 것이다. X~Z는 각각 Li(s), C(s , 다이아몬드), I₂(s) 중 하나이고, 각 고체의 결정 구조를 모형으로 나타내었다. Li(s)와 I₂(s)의 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 a , b 인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. X는 전기 전도성이 있다.
- ㄴ. Y의 단위 세포에 포함된 원자 수는 4이다.
- ㄷ. Z는 1 atm에서 승화성이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 3가지 결정 구조에 대한 자료이다. (가)~(다)는 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.

결정 구조	(가)	(나)	(다)
단위 세포 속 원자 $\frac{1}{8}$ 개에 해당하는 입자 수	8	a	b
단위 세포 속 원자 c 개에 해당하는 입자 수	0	6	0
단위 세포 속 원자 1개에 해당하는 입자 수	1	0	0

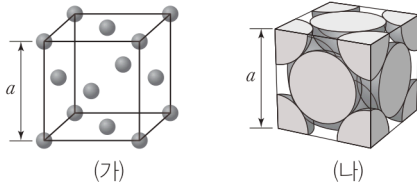
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 체심 입방 구조이다.
- ㄴ. $(a+b) \times c = 4$ 이다.
- ㄷ. (가)~(다) 중 단위 세포에 포함된 입자 수는 (가)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 그림 (가)와 (나)는 $\text{Al}(s)$ 의 결정 구조 모형과 단위 세포 모형을 순서 없이 나타낸 것이다. $\text{Al}(s)$ 의 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 a 인 정육면체이다.



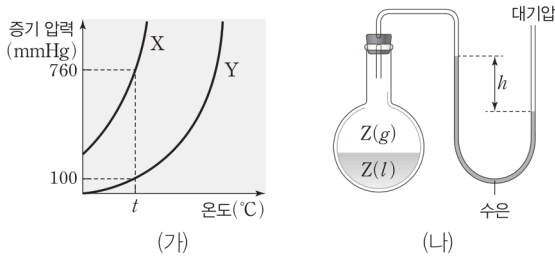
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\text{Al}(s)$ 은 면심 입방 구조를 갖는다.
- ㄴ. (가)는 $\text{Al}(s)$ 의 단위 세포 모형이다.
- ㄷ. $\text{Al}(s)$ 은 원자 결정이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)는 $X(l)$ 와 $Y(l)$ 의 증기 압력 곡선을, (나)는 $t^\circ\text{C}$ 에서 진공 상태의 플라스크에 $Z(l)$ 를 넣고 평형에 도달하였을 때의 모습을 나타낸 것이다. Z 는 X 와 Y 중 하나이다.



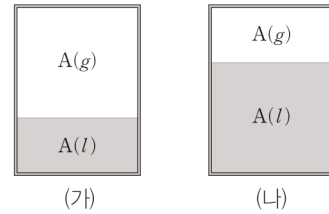
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이고, 수은의 증기 압력은 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 기준 끓는점은 $Y > X$ 이다.
- ㄴ. Z 는 Y 이다.
- ㄷ. $h = 100 \text{ mm}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 $t^\circ\text{C}$ 에서 같은 크기의 진공 용기에 서로 다른 부피의 $A(l)$ 를 넣은 후 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다.



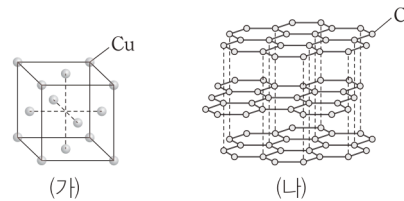
(가)에서가 (나)에서보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 일정하다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $A(l)$ 의 증기 압력
- ㄴ. $A(g)$ 의 분자 수
- ㄷ. $\frac{A(g)\text{의 응축 속도}}{A(l)\text{의 증발 속도}}$

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 그림은 $\text{Cu}(s)$ 와 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다.



(가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 전기 전도성이 있다.
- ㄴ. 금속 결합으로 이루어져 있다.
- ㄷ. 면심 입방 구조이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 3 · 심화문제

14문항 · 정답과 해설은 Part 4. 각 문항의 접근 Point는 해설에 수록.

01 표는 4가지 수소 화합물에 대한 자료이다. Ge, As, Se은 각각 4주기 14족, 15족, 16족 원소이다.

물질	(가)	(나)	(다)	(라)
분자식	GeH ₄	AsH ₃	H ₂ Se	C ₄ H ₉ OH
분자량	77	78	81	71
기준 끓는점(°C)	-89	-63	-41	118

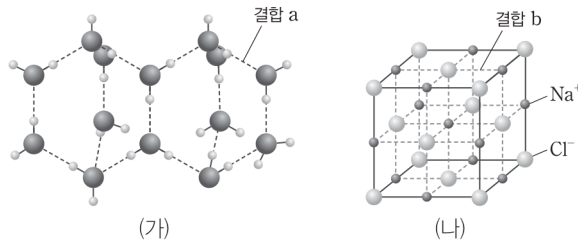
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 기준 끓는점이 (라) > (가)인 주된 이유는 수소 결합 때문이다.
- ㄴ. (가)~(라) 중 1 atm, 25°C에서 안정한 상이 기체인 것은 3가지이다.
- ㄷ. (가)~(라) 중 액체 분자 사이에 분산력이 작용하는 것은 4가지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 H₂O(s)와 NaCl(s)의 결정 구조를 모형으로 나타낸 것이다. 녹는점은 (나) > (가)이다.



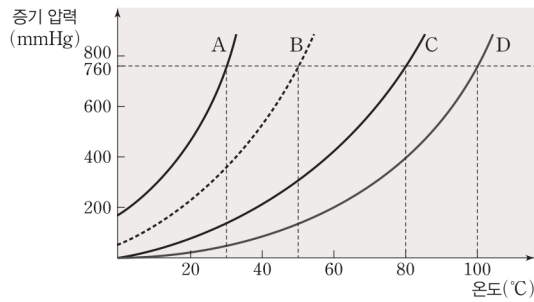
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)는 공유 결정이다.
- ㄴ. 결합의 세기는 $b > a$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 Na⁺은 면심 입방 구조를 이룬다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 A(l)~D(l)의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다.



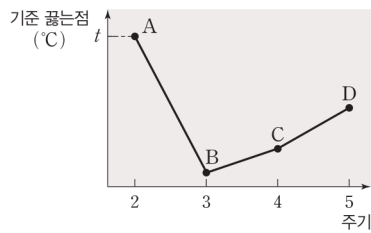
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 $A > B$ 이다.
- ㄴ. A~D 중 기준 끓는점이 60°C 이하인 것은 2가지이다.
- ㄷ. 높은 산에 올라가면 D의 끓는점이 높아진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 그림은 17족 원소의 수소 화합물 A~D의 기준 끓는점을 17족 원소의 주기에 따라 나타낸 것이다.



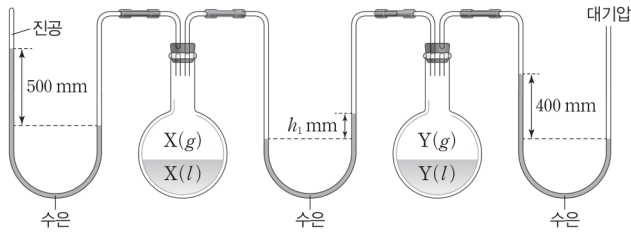
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A의 기준 끓는점이 가장 높은 주된 요인은 수소 결합이다.
- ㄴ. C가 B보다 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자·쌍극자 힘이다.
- ㄷ. A(l)~D(l) 중 분산력은 D(l)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 25°C에서 X(l)와 Y(l)가 각각 평형에 도달한 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 760 mmHg이고, 수은의 증기 압력은 무시하며, 온도에 따른 A와 B의 증기 압력 곡선은 교차하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

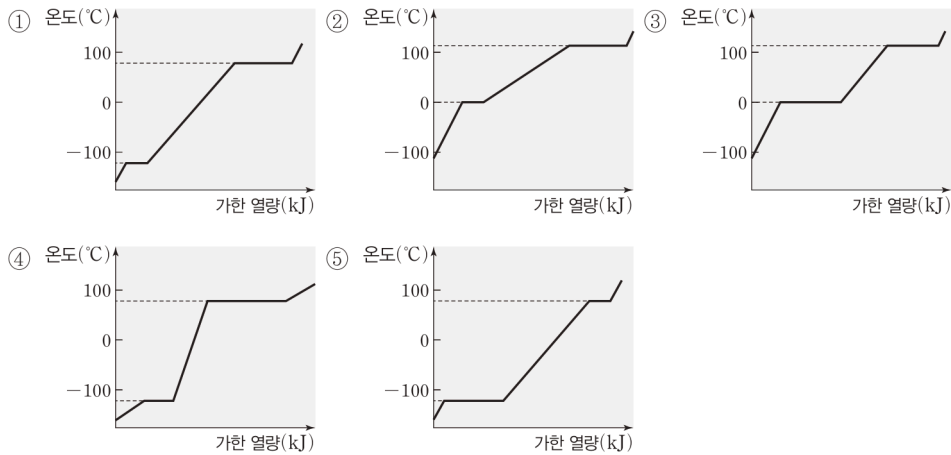
- ㄱ. 기준 끓는점은 $X > Y$ 이다.
- ㄴ. 25°C에서 X(l)와 Y(l)의 증기 압력 차는 140 mmHg이다.
- ㄷ. Y의 기준 끓는점은 25°C보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 다음은 1 atm에서 물질 A에 대한 자료이다.

- 녹는점 : -114°C
- 끓는점 : 78°C
- 고체 상태의 비열 : $1.25 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$
- 액체 상태의 비열 : $2.51 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$
- 기화열이 용해열의 2배이다.

1 atm에서 A(s)를 가열할 때, 다음 중 가한 열량에 따른 온도를 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?



07 표는 A(l)~C(l)의 증기 압력과 온도에 대한 자료이다. B의 기준 끓는점은 100°C이다.

물질	A(l)	B(l)	C(l)
증기 압력이 500 mmHg일 때의 온도(°C)	61	84	92
증기 압력이 x mmHg일 때의 온도(°C)	76	99	113

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1 atm은 760 mmHg이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x > 760$ 이다.
- ㄴ. 61°C일 때 분자 사이의 인력은 $C(l) > A(l)$ 이다.
- ㄷ. 1 atm, 100°C일 때 C의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 다음은 학생 A가 수행한 탐구이다.

[가설]

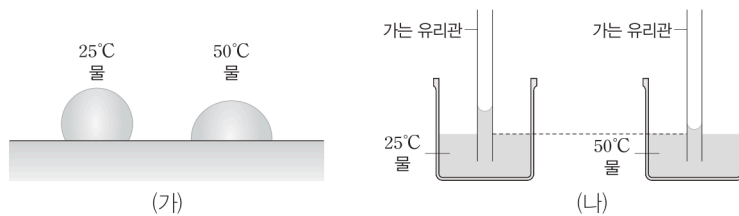
○ ㉠

[실험 과정]

(가) 아크릴 판 위에 같은 부피의 25°C와 50°C의 물을 각각 떨어뜨리고 액체 방울의 모양을 관찰한다.

(나) 25°C와 50°C의 물이 들어 있는 용기에 가는 유리관을 세워 올라오는 물의 높이를 관찰한다.

[실험 결과]



[결론]

○ 가설은 옳다.

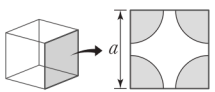
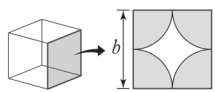
학생 A의 실험 결과와 결론이 타당할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 표면 장력은 25°C의 물이 50°C의 물보다 크다.
- ㄴ. 물 분자와 유리관 사이의 부착력이 물 분자 사이의 응집력보다 크다.
- ㄷ. ‘물의 온도가 높아지면 표면 장력이 감소한다.’는 ㉠으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 표는 금속 A~C의 결정에 대한 자료이다. A~C의 결정 구조는 각각 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조 중 하나이고, A~C의 단위 세포는 한 변의 길이가 각각 a, b, c 인 정육면체이다.

금속	A	B	C
단위 세포의 면			
단위 세포에 포함된 원자 수	x	y	4

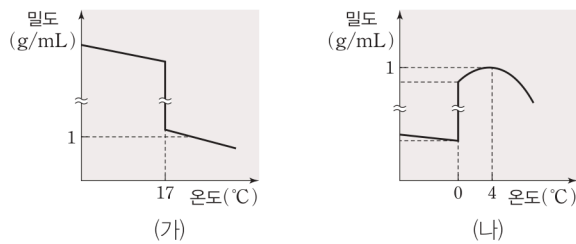
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A의 결정 구조는 단순 입방 구조이다.
- ㄴ. $x=2y$ 이다.
- ㄷ. C는 단위 세포에 포함된 $\frac{1}{2}$ 개 입자에 해당하는 입자 수가 6이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)와 (나)는 각각 물질 A와 B의 1 atm에서 고체와 액체 상태의 온도에 따른 밀도를 나타낸 것이다.



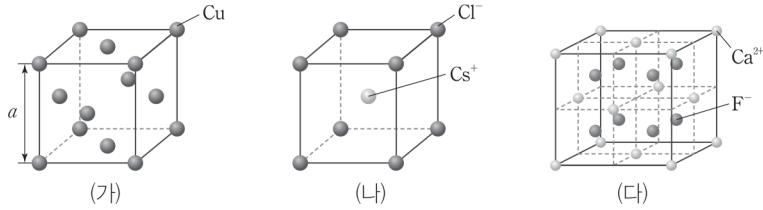
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 녹는점은 $A > B$ 이다.
- ㄴ. 고체 상태에서 1g의 부피는 $B > A$ 이다.
- ㄷ. 1 atm, 4°C에서 A와 B의 안정한 상은 모두 액체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 $\text{Cu}(s)$, $\text{CsCl}(s)$, $\text{CaF}_2(s)$ 의 결정 구조를 나타낸 것이다. $\text{Cu}(s)$ 의 단위 세포는 한 변의 길이가 a 인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)의 단위 세포에 포함된 Cu 원자 수는 4이다.
- ㄴ. 전기 전도성은 $\text{Cu}(s) > \text{CsCl}(s)$ 이다.
- ㄷ. (다)에서 Ca^{2+} 은 면심 입방 구조를 이룬다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 표는 $\text{Al}(s)$, $\text{CO}_2(s)$, $\text{NaCl}(s)$ 에 대한 자료이다. $\text{Al}(s)$ 의 단위 세포는 한 변의 길이가 a 인 정육면체이고, 아보가드로수는 6×10^{23} 이다.

물질	$\text{Al}(s)$	$\text{CO}_2(s)$	$\text{NaCl}(s)$
결정 구조 모형			
화학식량	27	44	58.5
1 atm에서 녹는점 또는 승화점(°C)	660	-78.5	801

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\text{Al}(s)$ 의 단위 세포의 질량은 $1.8 \times 10^{-22} \text{ g}$ 이다.
- ㄴ. a 는 Al 의 원자 반지름의 2배이다.
- ㄷ. Al , CO_2 , NaCl 은 1 atm, -50°C 에서 안정한 상의 종류가 모두 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 표는 A(*l*)~C(*l*)의 증기 압력 자료이다.

증기 압력(atm)	온도(°C)		
	A(<i>l</i>)	B(<i>l</i>)	C(<i>l</i>)
0.01	-52.6	-29	86
0.1	-18	2.5	132
1	34	58	197

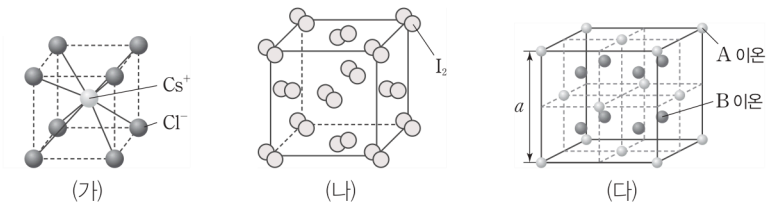
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 분자 사이의 인력은 B(*l*) > A(*l*)이다.
- ㄴ. B의 기준 끓는점에서 C(*l*)의 증기 압력은 0.01 atm보다 크다.
- ㄷ. 100°C, 1 atm에서 B의 안정한 상은 기체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 3가지 물질의 결정 구조를 나타낸 것이다. A 이온은 양이온이고, (다)의 단위 세포는 한 변의 길이가 *a*인 정육면체이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 임의의 원소 기호이다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에서 구성 분자 사이에는 분산력이 작용한다.
- ㄴ. 양이온 1개를 둘러싼 가장 가까운 음이온의 수는 (가)와 (다)가 같다.
- ㄷ. (다)의 화학식은 AB이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. ○	2. 전기 음성도	3. ×	
B	1. ○	2. 수소 결합	3. ○	
C	1. 수소 결합	2. ○	3. ×	
D	1. 굽은 형	2. ○	3. ×	4. ×
E	1. ○	2. ○	3. ×	4. ×
F	1. 비열	2. 표면 장력	3. ○	
G	1. 모세관 현상	2. ×	3. ○	
H	1. 응축	2. ○	3. ○	
I	1. 증기	2. >	3. 다이에틸 에테르 > 에탄 올 > 물	4. 낮
J	1. ○	2. 분자	3. 공유(원자)	4. 자유 전자
K	1. ○	2. 이온	3. ×	
L	1. 8	2. 8, 1	3. 8, 6	4. 1, 2, 4
M	1. 1:2:4	2. 3:4:6	3. 2	

2 기본문제 해설

정답

01	⑤	02	③	03	①	04	②	05	⑤	06	②	07	②	08	①
09	①	10	③	11	②	12	①								

01 분자 사이의 힘

CH_4 , H_2O , PH_3 , HBr 의 분자량은 각각 16, 18, 34, 81이므로 W~Z는 각각 CH_4 , H_2O , PH_3 , HBr 이다.

- ㉠ W는 CH_4 로 무극성 분자이다. 따라서 분산력만 작용한다.
 ㉡ 기준 끓는점이 X가 W보다 높은 주된 이유는 X인 H_2O 은 수소 결합이 존재하기 때문이다.
 ㉢ Y와 Z는 모두 극성 분자이므로 모두 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

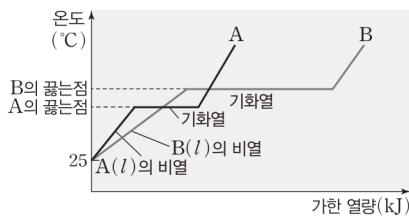
02 물의 성질

(가)는 $\text{H}_2\text{O}(s)$ 의 모형이므로 결합 A는 수소 결합이고, (나)에서 X는 $\text{H}_2\text{O}(s)$, Y는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.

- ㉠ 결합 A는 수소 결합으로 (나)의 Y인 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에도 있다.
 ㉡ (나)의 X는 고체 상태이므로 (가)는 (나)의 X의 모형에 해당한다.
 X, 1 g의 부피는 X가 Y보다 크므로 1 L에 들어 있는 H_2O 의 분자 수는 $Y > X$ 이다.

03 액체의 성질

가열 곡선에서 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.



- ㉠ 끓는점은 액체에서 기체의 상태 변화가 일어나는 일정한 온도이므로 B가 A보다 높다.
 X, 비열이 클수록 온도 변화가 천천히 일어나므로 액체 상태의 비열($\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$)은 B가 A보다 크다.
 X, 기화열(kJ/g)은 상태 변화가 일어나는 동안 가한 열량을 비교하면 되므로 B가 A보다 크다.

04 물의 표면 장력과 모세관 현상

표면 장력이 클수록 액체가 표면적을 최소화하려고 하며, 모세관

현상으로 인하여 모세관 내의 액체의 표면이 외부보다 높아지거나 또는 낮아진다.

- (가) 머리카락 사이의 물 막이 줄어들면 표면적이 감소하므로, 표면 장력은 머리카락을 서로 끌어당기는 힘으로 작용하게 된다.
 (나) 빨대 속 물은 부착력이 응집력보다 크게 작용하여 외부의 수면보다 높이 올라가는 모세관 현상이 나타나게 된다.
 (다) 클립은 물보다 밀도가 크지만 물의 표면 장력으로 인하여 가라앉지 않고 떠 있게 된다.
 (라) 페이퍼 타월의 주성분인 셀룰로스에 대하여 물의 부착력이 커서 모세관 현상으로 인해 미세한 틈 사이로 물이 스며들어 손의 물을 닦을 수 있다.

05 액체의 증기 압력

A(l)의 증기 압력 $+h_1 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$ 이고, B(l)의 증기 압력 $+h_2 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$ 이다. 높이 차는 $h_2 > h_1$ 이므로 증기 압력은 $A(l) > B(l)$ 이다.

- X, 액체의 증기 압력은 온도에 의해 달라지므로 (가)에서 A(l) 10 mL를 추가해도 h_1 은 달라지지 않는다.
 ㉠ $t^\circ\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력은 외부 압력보다 작으므로 수은 기둥이 왼쪽으로 올라와 있는 것이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력은 760 mmHg보다 작다.
 ㉢ A(l)의 증기 압력이 B(l)보다 크므로, 기준 끓는점은 B(l)가 A(l)보다 높다.

06 액체의 증기 압력

A(l)의 증기 압력 $+h_1 = 760 \text{ mmHg}$ 이고, B(l)의 증기 압력 $+h_2 = A(l)$ 의 증기 압력이다. 따라서 B(l)의 증기 압력은 $(760 - h_1 - h_2) \text{ mmHg}$ 이다. A(l)의 증기 압력은 $(760 - h_1) \text{ mmHg}$ 이고, B(l)의 증기 압력은 $(760 - h_1 - h_2) \text{ mmHg}$ 이므로 증기 압력은 A(l)가 B(l)보다 크다. 따라서 기준 끓는점은 증기 압력이 작은 B(l)가 A(l)보다 높다.

07 고체 결정 구조

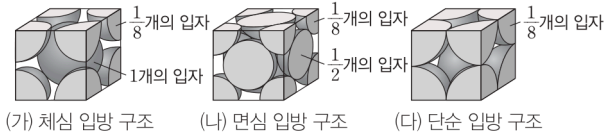
공유 결정인 X는 C(s, 다이아몬드)이고, 체심 입방 구조인 Y는 Li(s)이며, Z는 $\text{I}_2(s)$ 이다.

- X, X는 C(s, 다이아몬드)로 원자가 전자가 모두 공유 결합에 참여하므로 이동할 수 있는 전자가 없어 전기 전도성이 없다.
 X, Y는 Li(s)으로 단위 세포에 포함된 원자 수는 2이다.
 ㉢ Z는 $\text{I}_2(s)$ 으로 분자 결정이다. 1 atm에서 I_2 은 고체와 기체가 안정한 상으로 승화성이 있다.

08 고체 결정 구조

단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조의 단위 세포 속 $\frac{1}{8}$ 개의 입자 수는 모두 8로 같고, 단위 세포 속 $\frac{1}{2}$ 개의 입자 수

는 각각 0, 0, 6이고, 1개의 입자 수는 각각 0, 1, 0이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 체심 입방 구조, 면심 입방 구조, 단순 입방 구조이다.



㉠. (가)는 단위 세포 속 1개의 입자 수가 1이므로 체심 입방 구조이다.

✕. $a=b=8$, $c=\frac{1}{2}$ 이므로 $(a+b) \times c=8$ 이다.

✕. 단위 세포에 포함된 입자 수는 (가)~(다)가 각각 2, 4, 1이므로 (나)가 가장 크다.

09 고체 결정 구조

결정 구조 모형은 입자들의 정육면체의 각 위치에 나타난 것이고, 단위 세포 모형은 각 결정 구조에서 삼차원적으로 반복되는 가장 작은 단위 구조이다. 따라서 (가)는 결정 구조 모형이고, (나)는 단위 세포 모형이다.

㉠. (가)의 결정 구조 모형에 각 꼭짓점과 면심에 입자가 배치되므로 Al(s)은 면심 입방 구조이다.

✕. (가)는 결정 구조 모형이고, (나)는 단위 세포 모형이다.

✕. Al(s)은 금속으로 화학 결합은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 결합인 금속 결합이다. 따라서 Al(s)은 금속 결정이다.

10 액체의 증기 압력

(가)에서 온도가 같을 때 증기 압력은 $X(l) > Y(l)$ 이다. (나)에서 $Z(l)$ 는 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력이 $(760-h)$ mmHg이다.

㉠. $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 $X(l) > Y(l)$ 이므로 분자 사이의 인력은 $Y(l) > X(l)$ 이다. 따라서 기준 끓는점은 $Y > X$ 이다.

㉡. X는 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력이 760 mmHg으로 대기압과 같으므로 높이 차가 없어야 한다. Z(l)의 증기 압력은 대기압보다 작으므로 Z는 Y이다.

✕. Y(l)의 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 100 mmHg이므로 (나)에서 높이 차 $h=660$ mm이다.

11 액체의 증기 압력

(가)와 (나)는 모두 A(l)와 A(g)이 평형을 이루고 있는 상태이고, 온도가 같으므로 증기 압력이 같다.

✕. A(l)와 A(g)이 평형을 이루고 있을 때 온도가 같으면 증기 압력은 같다.

㉠. A(g)이 차지하는 부피는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 A(g)의 분자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

✕. 동적 평형 상태에 도달한 것이므로 $\frac{A(g)의 응축 속도}{A(l)의 증발 속도}$ 는

(가)와 (나)가 모두 1이다.

12 고체 결정 구조

(가)에서 Cu(s)는 면심 입방 구조를 갖고, (나)에서 C(s, 흑연)은 층상 구조를 갖는다.

㉠. (가)는 금속 결정이므로 전기 전도성이 있고, (나)는 C 원자의 층상 구조 사이에 전자가 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

✕. (가)는 금속 결합, (나)는 공유 결합으로 이루어져 있다.

✕. (가)에서 Cu는 면심 입방 구조이고, (나)에서 C는 층상 구조이다.

3 심화문제 해설

정답

01	⑤	02	④	03	①	04	③	05	⑤	06	①	07	②	08	⑤
09	⑤	10	③	11	⑤	12	①	13	③	14	④				

심화 01번

접근 Point 분자 사이의 인력이 크면 기준 끓는점이 높고, 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 힘이다.

01 분자 사이의 힘

(라)인 C_4H_9OH 의 분자량이 가장 작은데도 기준 끓는점이 가장 높은 이유는 수소 결합 때문이다.

- ㉠. 분자량이 (가) > (라)임에도 끓는점이 (라) > (가)인 주된 이유는 (라)가 수소 결합을 하는 분자이기 때문이다.
- ㉡. 기준 끓는점은 1 atm에서의 끓는점이므로 25°C에서 (가) ~ (다)는 모두 기체 상태가 안정한 상이다.
- ㉢. 분산력은 모든 액체 분자 사이에 작용한다.

심화 02번

접근 Point 결합 a는 H_2O 분자 사이에 작용하는 힘이고, 결합 b는 Na^+ 과 Cl^- 사이의 인력이다.

02 분자 결정과 이온 결정

(가)는 수소 결합을 하는 H_2O 분자의 분자 결정이고, (나)는 Na^+ 과 Cl^- 의 이온 결정이다.

- ㉠. (가)는 수소 결합을 하는 H_2O 분자의 분자 결정이다.
- ㉡. (가)에서 결합 a는 수소 결합이고, (나)에서 결합 b는 이온 결합이다. 녹는점은 (나) > (가)이므로 결합의 세기는 $b > a$ 이다.
- ㉢. (나)에서 Na^+ 은 Cl^- 과 같이 8개의 꼭짓점과 면의 중심에 입자가 배열되는 면심 입방 구조를 이룬다.

심화 03번

접근 Point 기준 끓는점은 외부 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 끓는점이다.

03 액체의 증기 압력

액체의 증기 압력은 온도가 높아질수록 증가한다.

- ㉠. 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 증기 압력은 낮으므로 분자 사이의 인력은 $B > A$ 이다.
- ㉡. 기준 끓는점은 외부 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 끓는점이다. 기준 끓는점이 60°C 이하인 것은 A와 B 2가지이다.
- ㉢. 높은 산에 올라가면 대기압이 760 mmHg보다 감소하므로 D의 끓는점은 낮아진다.

심화 04번

접근 Point A~D는 각각 HF, HCl, HBr, HI이다.

04 수소 화합물의 끓는점

17족 원소의 수소 화합물 A~D는 각각 HF, HCl, HBr, HI이다. 끓는점은 $A > D > C > B$ 이고, A의 끓는점이 분자량이 가장 작은데도 가장 큰 것으로 보아 수소 결합이 존재하는 분자인 HF이고, 3~5주기 원소의 수소 화합물은 쌍극자 모멘트가 $B > C > D$ 이지만, 끓는점이 $D > C > B$ 이므로 분산력이 끓는점의 주된 요인임을 알 수 있다.

- ㉠. A는 2주기 원소의 수소 화합물이므로 분자량이 가장 작지만 기준 끓는점이 가장 높은 것으로 보아 수소 결합이 작용함을 알 수 있다.
- ㉡. B와 C는 모두 극성 분자이고, 쌍극자 모멘트는 $B > C$ 이다. 그러나 분자량이 큰 C가 B보다 끓는점이 높으므로 주된 요인은 분산력이다.
- ㉢. 분산력은 분자량이 클수록 크므로 D가 가장 크다.

심화 05번

접근 Point Y(l)의 증기 압력 + 400 mmHg = 760 mmHg이다.

05 액체의 증기 압력

X(l)는 25°C 진공 상태에서 수은 기둥을 500 mm 밀어 올리는 증기 압력을 나타내므로 25°C에서 X(l)의 증기 압력은 500 mmHg이다. Y(l)의 증기 압력과 400 mm의 수은 기둥의 압력의 합은 대기압과 같으므로 25°C에서 Y(l)의 증기 압력은 360 mmHg이다.

- ㉠. 25°C에서 증기 압력은 $X(l) > Y(l)$ 이므로 기준 끓는점은 $Y > X$ 이다.
- ㉡. 25°C에서 X(l)와 Y(l)의 증기 압력은 각각 500 mmHg, 360 mmHg이므로 증기 압력 차는 140 mmHg이다.
- ㉢. 25°C에서 Y(l)의 증기 압력은 360 mmHg이므로 기준 끓는점은 25°C보다 높다.

심화 06번

접근 Point 액체 상태의 비열이 고체 상태의 비열보다 크므로 액체 상태의 온도 변화의 기울기가 고체 상태의 온도 변화의 기울기보다 작다.

06 가열 곡선

고체 상태에서 A를 가열하였으므로 시작 온도는 녹는점인 -114°C 보다 낮아야 한다. -114°C 가 녹는점, 78°C 가 끓는점이므로 두 온도에서 상태 변화가 일어나서 온도가 일정하다. 액체 상태의 비열이 고체 상태의 비열보다 크므로 액체 상태의 온도 변화가 고체 상태의 온도 변화보다 기울기가 작다. 기화열이 용해열의 2배이므로 액체가 기체로 상태 변화하는 구간의 길이가 고체가 액체로 상태 변화하는 구간의 길이의 2배여야 한다. 따라서 가장 적절한 것은 ①이다.

심화 07번

접근 Point B의 기준 끓는점은 B(l)의 증기 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 온도이다.

07 액체의 증기 압력

액체의 증기 압력은 온도가 높아질수록 커진다. B(l)의 증기 압력이 500 mmHg일 때의 온도가 84°C 이고, B(l)의 증기 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 온도는 100°C 이다.

✕. B(l)의 증기 압력이 500 mmHg일 때의 온도는 84°C , x mmHg일 때의 온도는 99°C 이므로 기준 끓는점보다 낮은 온도이다. 따라서 $500 < x < 760$ 이다.

○. 61°C 일 때 A(l)는 증기 압력이 500 mmHg이고, C(l)는 증기 압력이 500 mmHg보다 작을 것이므로 분자 사이의 인력은 $C(l) > A(l)$ 이다.

✕. 1 atm일 때 C의 끓는점은 100°C 보다 높으므로 100°C 에서 안정한 상은 기체가 아니다.

심화 08번

접근 Point 액체의 표면 장력이 클수록 표면적을 작게 하여 액체 방울의 모양이 구형에 가까워진다. 물 분자 사이의 인력이 감소하면 물의 표면 장력이 감소한다.

08 온도에 따른 액체 분자 사이의 인력

○. 액체의 표면 장력이 클수록 표면적을 작게 하여 액체의 모양이 구형에 가까워지므로 25°C 의 물이 50°C 의 물보다 표면 장력이 크다.

○. 물에 가는 유리관을 넣었을 때 부착력이 응집력보다 크므로 외부 수면보다 내부 수면이 높아진다.

○. (가)와 (나)의 결과 물의 온도가 높아지면서 물 분자의 운동 에너지가 증가하여 분자 사이의 인력을 극복하고자 하는 경향이 커지므로 표면 장력이 감소하고, 물 분자 사이의 응집력이 줄어드는 것을 알 수 있다. 따라서 '물의 온도가 높아지면 표면 장력이 감소한다.'는 ①으로 적절하다.

심화 09번

접근 Point C는 단위 세포에 포함된 원자 수가 4이므로 면심 입방 구조이다.

09 고체 결정 구조

단위 세포의 면으로부터 A는 체심 입방 구조, B는 단순 입방 구조, C는 면심 입방 구조임을 알 수 있다.

✕. A는 단위 세포의 꼭짓점에 4개의 입자가 있고, 각 꼭짓점의 입자가 서로 닿지 않으므로 체심 입방 구조이다.

○. $x=2$, $y=1$ 이므로 $x=2y$ 이다.

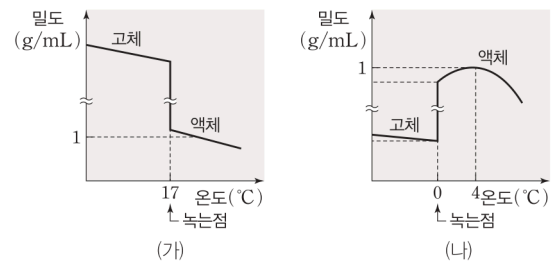
○. C는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 $\frac{1}{2}$ 개 입자에 해당하는 입자 수가 6이다.

심화 10번

접근 Point 1 atm에서 녹는점은 A와 B가 각각 17°C , 0°C 이다.

10 고체와 액체의 밀도

(가)로부터 A는 고체 상태의 밀도가 액체 상태의 밀도보다 크고, (나)로부터 B는 고체 상태의 밀도가 액체 상태의 밀도보다 작다는 것을 알 수 있다.



○. 온도가 일정한 상태에서 밀도가 크게 변할 때의 온도가 녹는점이므로 A와 B의 녹는점은 각각 17°C , 0°C 이다. 따라서 녹는점은 $A > B$ 이다.

○. A는 고체 상태의 밀도가 1 g/mL보다 크고, B는 고체 상태의 밀도가 1 g/mL보다 작다. 따라서 고체 상태 1g의 부피는 B가 A보다 크다.

✕. 1 atm, 4°C 에서 A의 안정한 상은 고체이고, B의 안정한 상은 액체이다.

심화 11번

접근 Point (가)는 면심 입방 구조이다.

11 고체 결정 구조

(가)는 금속 결정, (나)와 (다)는 이온 결정이다.

○. (가)는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 Cu의 원자는 꼭짓점에 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 개, 면에 $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ 개로 총 4개이다.

○. (가)의 Cu(s)는 금속 결정이므로 전기 전도성이 있고, (나)의 CsCl은 이온 결정이므로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없다.

○. (다)에서 Ca^{2+} 은 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 배치되므로 면심 입방 구조를 이룬다.

심화 12번

접근 Point Al(s) 결정 구조의 단위 세포에 들어 있는 Al 원자 수는 4이다.

12 고체 결정 구조

Al(s)은 금속 결정, CO₂(s)는 분자 결정, NaCl(s)은 이온 결정이다.

㉠ Al의 원자량은 27이므로 1 mol의 질량은 27 g이다. 따라서

Al(s) 입자 1개의 질량은 $\frac{27 \text{ g}}{6 \times 10^{23} \text{ 개}} = 4.5 \times 10^{-23} \text{ g/개}$ 이고,

면심 입방 구조를 갖는 Al(s)의 단위 세포에 포함된 Al 입자 수는 4이므로 단위 세포의 질량은 $1.8 \times 10^{-22} \text{ g}$ 이다.

✕ Al(s)의 한 면에는 꼭짓점과 면심에 Al 원자가 있으므로 a 는 Al의 원자 반지름의 2배보다 크다.

✕ Al, CO₂, NaCl의 1 atm, -50°C에서 안정한 상은 각각 고체, 기체, 고체이다.

심화 13번

접근 Point 기준 끓는점은 증기 압력이 1 atm일 때의 온도이므로 C > B > A이다.

13 증기 압력

기준 끓는점은 증기 압력이 1 atm일 때의 온도이므로 C > B > A이다.

㉠ 기준 끓는점이 높을수록 분자 사이의 인력은 크므로 B(l) > A(l)이다.

✕ B의 기준 끓는점은 58°C이므로 58°C에서 C(l)의 증기 압력은 0.01 atm보다 작다.

㉡ B(l)는 58°C에서 증기 압력이 1 atm이므로 100°C, 1 atm에서 B의 안정한 상은 기체이다.

심화 14번

접근 Point (가)는 화학식이 CsCl인 이온 결정, (나)는 화학식이 I₂인 분자 결정, (다)는 화학식이 AB₂인 이온 결정이다.

14 고체 결정 구조

(가)는 화학식이 CsCl인 이온 결정, (나)는 화학식이 I₂인 분자 결정, (다)는 화학식이 AB₂인 이온 결정이다.

㉠ (나)는 무극성 분자인 I₂의 분자 결정이므로 구성 분자 사이에 분산력이 작용한다.

㉡ (가)는 Cs⁺을 둘러싼 가장 가까운 음이온 Cl⁻의 수가 8이고, (다)는 양이온인 A 이온을 둘러싼 B 이온의 수가 8이다. 따라서 양이온 1개를 둘러싼 가장 가까운 음이온의 수는 (가)와 (다)가 같다.

✕ (다)에서 꼭짓점에 있는 A 이온의 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이고, 면심에 있는 A 이온의 수는 $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ 이므로 단위 세포의 A 이온 수는 4이다. 또한 B 이온은 총 8개가 들어 있으므로 화학식은 AB₂이다.