

6. 분자 궤도함수 이론

6.1. H₂의 분자 궤도함수

(1) LCAO

- 두 개의 수소 원자가 가지고 있는 ψ_{1s} 원자 궤도함수를 선형 조합하여 결합 궤도함수와 반결합 궤도함수가 생성된다.
- 두 원자 궤도함수가 보강 간섭으로 결합 궤도함수, 상쇄 간섭을 통해 반결합 궤도함수로 분자 궤도함수(MO)를 생성한다.

(2) MO와 결합 차수

- 두 원자가 가진 3개의 p 오비탈이 접근해 만들 수 있는 MO는 σ_p , σ_p^* 각각 1개와 π_p 2개, π_p^* 2개를 만들어 총 6개의 MO가 생성된다. 두 원자핵은 z 축 방향으로 접근하는 것으로 간주한다.
- 결합 차수는 결합 궤도함수에 배열된 전자 수에서 반결합 궤도함수에 배열된 전자 수를 빼고 전체를 2로 나누어 나타낸다.
- 두 원자의 원자가 전자를 더한 전자 수를 MO에 배열하며, 파울리 배타원리와 훈트 규칙을 만족하도록 배열한다.

6.2. 2주기 동핵 이원자 분자의 MO

(1) σ 결합과 π 결합

- σ 결합은 핵과 핵 사이에서 파동함수가 겹치며 만들어지는 결합
- π 결합은 핵 간 축을 벗어난 공간에서 파동함수가 겹치며 만들어지는 결합

(2) 2주기 동핵 이원자 분자의 MO

- 원자 번호 3~7번까지 이원자 분자의 MO : σ_{2s} , σ_{2s}^* , π_{2p} , σ_{2p} , π_{2p}^* , σ_{2p}^*
- 원자 번호 8~10번까지 이원자 분자의 MO : σ_{2s} , σ_{2s}^* , σ_{2p} , π_{2p} , π_{2p}^* , σ_{2p}^*

(3) 상자기성과 반자기성

- 배열된 전자 중 홀전자가 있으면 상자기성, 모두 짝진 전자로만 이루어져 있으면 반자기성을 띤다. 상자기성 물질은 자기장에 끌리고, 반자기성 물질은 자기장에서 밀린다.

6.3. 2주기 이핵 이원자 분자의 MO

(1) 전기 음성도와 AO의 에너지 준위

- 서로 다른 원자가 결합한 경우 전기 음성도가 큰 원자의 AO의 에너지 준위가 더 낮다.

(2) 몇 가지 분자의 분자 궤도함수

- NO의 분자 궤도함수 : $\sigma_{2s}(2)\sigma_{2s}^*(2)\pi_{2p}(4)\sigma_{2p}(2)\pi_{2p}^*(1)$
- CO의 분자 궤도함수 : $\sigma_{2s}(2)\sigma_{2s}^*(2)\pi_{2p}(4)\sigma_{2p}(2)$
- OF의 분자 궤도함수 : $\sigma_{2s}(2)\sigma_{2s}^*(2)\sigma_{2p}(2)\pi_{2p}(4)\pi_{2p}^*(3)$

[연습 문제]

1. 바닥 상태의 N_2 와 O_2 의 분자 오비탈에서 반결합 궤도에 들어 있는 전자의 총 수를 괄호 속에 차례로 바르게 나타낸 것은? (단, 분자궤도함수의 전자는 최외각 전자만으로 계산한다.)

① (0, 2) ② (2, 2) ③ (2, 4) ④ (4, 4) ⑤ (4, 6)

2. 다음 분자의 전자 상태에 관한 설명에서 맞는 것만을 모두 고른 것은? [중앙대]

가. Born-Oppenheimer 근사에서는 전자 상태를 연구할 때 핵들은 정지해 있다고 가정한다.
 나. 어떤 이원자 분자의 바닥 상태에서 전자가 결합성 궤도함수(bonding-orbital)에 6개 그리고 반결합성(antibonding) 궤도함수에 4개 들어 있는 경우 이 분자의 결합 차수는 2이다.
 다. 동핵 이원자 분자 궤도함수들은 일반적으로 원자 궤도함수의 일차 결합을 이용하여 근사적으로 설명할 수 있다.
 라. 물(H_2O) 분자에서 산소 원자의 1s 궤도함수는 비결합성 궤도함수로 사용된다.

① 가, 다, 라 ② 가, 나, 라 ③ 가, 나, 다
 ④ 가, 나 ⑤ 나, 라

3. 2주기 원소에서 두 개의 2p 오비탈로 만들어지는 MO에 대한 설명으로 옳은 것은?

① $2p_z$ 오비탈은 σ_{2p} 와 σ_{2p}^* 를 만들 수 있다.
 ② 두 개의 $2p_x$ 오비탈이 π_{2p} 를 만든다.
 ③ 두 개의 $2p_y$ 오비탈이 π_{2p}^* 를 만든다.
 ④ 2주기 원소로 이루어진 이원자 분자는 MO가 4개이다.

4. 2주기의 동핵 이원자 분자 중 상자성 분자만 짝지은 것으로 바른 것은?

① Li_2 , B_2 ② N_2 , O_2
 ③ B_2 , O_2 ④ C_2 , N_2

5. 다음 각 화학종에 대한 결합 차수를 괄호 속에 바르지 않은 것은?

- ① $H_2(1)$ ② $H_2^-(1.5)$ ③ $H_2^+(0.5)$ ④ $He_2^+(0.5)$

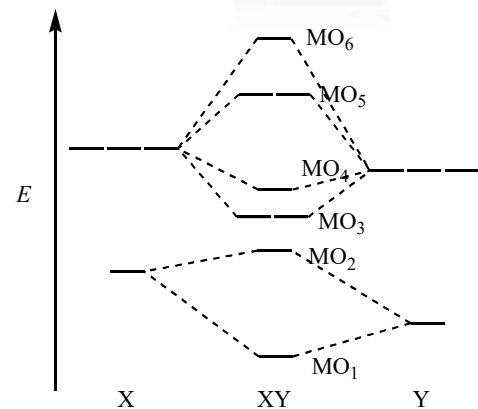
6. 원자 간 결합력은 결합 전자 수와 반결합 전자 수에 의해 결정된다. 다음 중 결합력이 가장 약한 화학종은?

- ① O_2^+ ② O_2 ③ O_2^- ④ O_2^{2-}

7. 2주기 동핵 이원자 분자에서 MO의 에너지 준위는 약간 다르다. 다음 중 MO의 에너지 준위에서 $\sigma_{2p} < \pi_{2p}$ 관계가 성립하는 분자들끼리 바르게 짝지은 것은?

- ① Li_2, B_2 ② C_2, N_2
③ N_2, O_2 ④ O_2, F_2

8. 다음은 임의의 2주기 원소 X, Y로 이루어진 이원자 분자 XY에 대하여 원자 오비탈과 분자 오비탈 에너지 준위를 나타낸 것이다. X, Y의 원자가전자에 대한 오비탈과, 이로 이루어진 분자 XY의 MO를 나타낸 것인데, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고른 것은? (단, XY의 원자가전자 수를 더한 값은 10이고, $MO_1 \sim MO_6$ 은 XY의 분자 궤도함수를 나타낸 것이다.)



<보 기>

- ㄱ. 전기 음성도는 Y가 더 크다. ㄴ. XY의 결합 차수는 3이다.
ㄷ. 반결합 궤도함수는 $MO_4 \sim MO_6$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄱ, ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ

9. 다음의 2원자 분자 또는 이온 중에서 결합 에너지가 가장 큰 것은 무엇인가? [원광대]

- ① N_2^{2+} ② N_2^+ ③ N_2 ④ N_2^- ⑤ N_2^{2-}

10. N_2 의 원자 오비탈(AO)와 분자 오비탈(MO)에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① N_2 의 결합 차수는 3이다.
 ② N_2 의 MO에서 에너지 준위는 $\sigma_{2p} < \pi_{2p}$ 이다.
 ③ 전자 하나를 제거하는 데 드는 에너지는 $N < N_2$ 이다.
 ④ 질소 원자(N)는 상자성을 띠지만, 질소 분자(N_2)는 반자성이다.

11. 2주기 원소로 이루어진 이원자 분자 중 같은 원소로 이루어진 것을 '동핵 이원자 분자', 서로 다른 원소로 이루어진 것을 '이핵 이원자 분자'라 한다. 바닥 상태에서 이것들로 이루어진 분자 궤도함수에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 원자의 2p 오비탈에 들어 있는 전자들은 σ 결합을 만들 수 없다.
 ② σ_{1s} 궤도함수에 들어 있는 전자들은 결합에 영향을 거의 주지 않는다.
 ③ NO에서 전자를 제거한 NO^+ 의 결합력은 반결합 전자 제거로 NO보다 강하다.
 ④ 전기 음성도가 큰 원소일수록 분자궤도함수를 이루는 원자궤도함수의 위치 에너지가 낮다.

12. N_2 와 O_2 를 경계로 동핵 이원자 분자의 MO가 달라진다. 이에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① N_2 에서 MO 순서는 $\sigma_{2s}, \sigma_{2s}^*, \sigma_{2p}, \pi_{2p}, \pi_{2p}^*, \sigma_{2p}^*$ 와 같다.
 ② 질소 분자의 이온화 에너지보다 질소 원자의 이온화 에너지가 더 작다.
 ③ O_2 에서 전자를 하나 떼어내면 결합이 더 약화된다.
 ④ O_2 에는 공유 전자가 2쌍, 비공유 전자가 4쌍으로 모두 짝진 전자로 되어 있다.

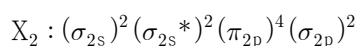
13. 1,3-뷰타다이엔($\text{CH}_2 = \text{CHCH} = \text{CH}_2$)은 혼성 오비탈과 분자 오비탈 이론을 결합시켜 설명할 수 있다. 이와 관련해 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① σ 결합은 편재 오비탈, π 결합은 비편재 오비탈로 설명한다.
- ② 탄소 간 결합은 π 결합이 비편재화하여 모두 결합 길이가 같다.
- ③ 단일 결합을 이루는 중간 탄소는 sp^3 혼성 오비탈로 이루어진다.
- ④ π 결합의 4 전자는 2개가 결합 MO, 나머지 2개는 반결합 MO에 들어 있다.

14. 높은 온도에서 S_2 는 기체 상태 분자로 존재한다. 기체상의 S_2 가 가지는 결합 차수와 자기성을 바르게 짝지은 것은?

- | | 결합 차수 | 자기성 |
|---|-------|-----|
| ① | 1 | 상자성 |
| ② | 1 | 반자성 |
| ③ | 2 | 상자성 |
| ④ | 2 | 반자성 |

15. 다음은 임의의 이원자 분자 X_2 의 분자 궤도함수에 전자를 배열하여 나타낸 것이다.



위 전자 배치에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 결합 차수는 3이다.
- ② X_2^+ 와 X_2^- 의 결합 차수는 모두 2.5로 같다.
- ③ 전자 배열 순서는 π_{2p} 와 σ_{2p} 가 바뀌어야 한다.
- ④ 전자를 떼어내는 데 드는 에너지(이온화 에너지)는 X보다 X_2 가 더 크다.

16. 분자 궤도함수 이론에 의하면 O_2^{2+} 의 결합 차수는?

[원광대]

- ① 1 ② 2 ③ 1.5 ④ 2.5 ⑤ 3

7. 액체, 고체, 그리고 상전이

7.1. 분자 간 인력

(1) 분산력

- 순간 쌍극자와 유발 쌍극자 사이에 작용하는 인력이다.
- 대체로 분자량에 비례하고 분자의 모양이나 크기에 따라 영향을 받는데, 분자 간 접촉면적이 넓을수록 분산력이 증가한다.

(2) 쌍극자-쌍극자 힘

- 극성 분자에서 쌍극자 모멘트가 클수록 분자 간 인력이 커서 끓는점이 높다.

(3) 수소결합

- 전기음성도가 큰 F, O, N과 H가 공유결합한 화합물에서 이들 원소 사이에 수소 원자가 끼어 있는 모양의 분자 간 인력이다.
- 분자 간 인력으로는 가장 강하며 분자량이 비슷하면 수소결합하는 물질의 끓는점이 매우 높다.

7.2. 증발과 끓음

(1) 증발과 증기압

- 증발은 액체 표면에서 공간으로 기화하는 현상을 가리킨다.
- 밀폐용기 안에서 증발속도와 응축속도가 같아 동적평형을 이루는 용기 안의 증기가 나타내는 압력을 증기압이라 한다. 온도가 높을수록 증기압도 증가한다.

(2) 끓음

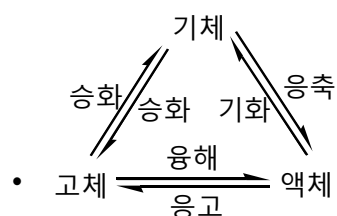
- 액체 전체에서 외부압력에 반하여 기화가 일어나는 현상을 끓음이라 하며 끓는점은 외부압력과 증기압력이 같을 때의 온도를 나타낸다.
- 끓는점이 높을수록 분자 간 인력도 크다.

(3) 클라우지우스-클라페이론 식

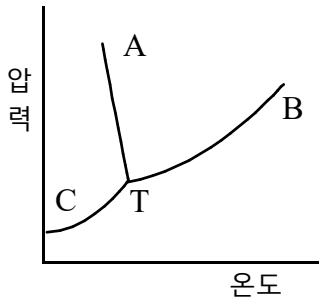
- $\ln P = -\frac{\Delta H_{vap}}{T} \left(\frac{1}{T} \right) + C$, ΔH_{vap} : 증발열(kJ/mol), C : 상수

7.3. 상변화와 상평형

(1) 상변화 용어



(2) 상평형 곡선



T : 삼중점, AT : 용해곡선, BT : 증기압 곡선, CT : 승화곡선

일반적으로 AT 곡선이 오른쪽으로 기울어져 있으나, 그림처럼 AT 곡선이 왼쪽으로 기울어 있는 것은 물의 상평형 곡선이다.

물의 상평형 곡선에서 같은 온도의 고체보다 액체의 밀도가 커서 얼음이 물에 뜨는 것을 설명할 수 있다.

7.4. 금속결정의 단위세포

(1) 결정과 비결정

- 결정은 녹는점이 일정하고 비결정은 녹는점이 일정하지 않다.

(2) 결정성 고체

- 분자 결정 : 결정을 이루는 단위가 분자이므로 녹는점, 끓는점이 낮다.
- 이온 결정 : 양이온과 음이온이 결정을 이루며 액체 상에서 전기 전도성이 있다.
- 원자 결정 : 결정 단위가 원자이고 공유결합으로 흑연을 제외하고는 전기 전도성이 없다.
- 금속 결정 : 금속 원자가 결정의 기본 단위로 금속결합으로 이루어져 전기 전도성이 높다.

(3) 금속결정의 단위세포

- 단순 입방 충전 : 정육면체의 각 꼭짓점에 입자가 배열된다.
- 체심 입방 충전 : 정육면체의 각 꼭짓점과 입방체 중심에 입자가 배열된다.
- 최조밀 충전 : 배열되는 층이 a, b, a, b, ... 순으로 쌓이는 것은 입방 최조밀 충전으로 면심 입방 구조와 같고, a, b, c, a, b, c, ... 순으로 쌓이는 것은 육방 최조밀 충전이다.

(4) 결정 분석의 브래그 방정식

- $2d\sin\theta = n\lambda$, d : 결정의 입자 간 거리, θ : 입사면과 입사광이 이루는 각
 n : 자연수, λ : 입사광의 파장

7.5. 이온결정의 단위세포

(1) NaCl형 단위세포

- 양이온이 체심 위치와 모서리에, 음이온이 꼭짓점과 면심에 배열된다.
- 단위세포 당 평균 입자 수는 Na^+ : 4개, Cl^- : 4개다.

(2) CsCl형 단위세포

- 양이온이 체심 위치에, 음이온이 꼭짓점 위치에 배열된다(반대로 표현해도 같다).
- 단위세포 당 평균 입자 수는 Cs^+ : 1개, Cl^- : 1개다.

[연습 문제]

1. 다음 중 액체 상태에서 가장 작은 증기 압력을 갖는 물질을 예측하라.

[조선대]

- ① $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{F}$ ② $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ③ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
④ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ⑤ CH_3OCH_3

2. 분자 간에 작용하는 인력은 여러 가지 종류가 있다. 다음 중 그에 관한 설명으로 타당하지 않은 것은?

- ① 수소 결합은 분자량에 관계없이 분자 간 인력 중 가장 강하다.
② 쌍극자 간 인력은 극성 분자에 작용하는 인력을 가리킨다.
③ 분산력은 모든 분자에서 순간 쌍극자와 유발 쌍극자 사이에 작용한다.
④ 이온과 쌍극자 간 인력은 이온이 중성 분자에 접근할 때 생기는 전자 구름의 왜곡으로 인해 발생한다.

3. 끓을 때는 액체가 기체로 변하는데, 증발도 액체에서 기체로 전환되는 것을 뜻한다. 끓음과 증발에 대한 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 정상 끓는점은 1기압에서 끓는점을 가리킨다.)

- ① 끓음과 증발은 같은 의미를 가진다.
② 액체 위의 압력이 높으면 증기압도 증가한다.
③ 증발열이 클수록 끓는점이 높고, 일정 온도에서 증기압이 낮다.
④ 서로 다른 두 액체 중 증기압이 높은 물질의 끓는점도 높다.

4. 나프탈렌은 끓는점이 218°C 이고 증발열은 $\Delta H_{\text{vap}} = 43.3\text{kJ/mol}$ 이다. 나프탈렌의 증발 엔트로피 $\Delta S_{\text{vap}}(\text{J/K} \cdot \text{mol})$ 는 얼마인가?

- ① $88.2 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ② $197 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ③ $0.197 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ④ $0.882 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$

5. 금속의 면심 입방 단위 세포에서 충전율을 백분율로 바르게 계산한 것은? (단, $\pi = 3.1$, $\sqrt{2} = 1.4$ 으로 계산하고 유효숫자 2개로 표시한다.)

- ① 56% ② 68% ③ 74% ④ 81%

6. 액체의 증기압은 다음과 같은 관계를 만족한다.

$$\text{Clausius-Clapeyron 식 : } \ln P_{vap} = \left(-\frac{\Delta H_{vap}}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) + C$$

위 식에 대한 다음 설명 중 옳은 것은? (단, ΔH_{vap} 는 그 액체의 증발열을 나타낸다.)

- ① 액체의 증기압은 대기압에 따라 영향을 받는다.
- ② $\ln P_{vap}$ 는 절대 온도의 역수($\frac{1}{T}$)에 대해 도시하여 증발열을 알 수 있다.
- ③ 서로 다른 두 온도에서 증기압을 측정하면 액체의 엔트로피를 계산할 수 있다.
- ④ 온도가 높아지면 액체의 증기압은 감소함을 알 수 있다.

7. 어떤 순수한 액체 X가 온도 T_1K 에서 증기압이 $P_1\text{mmHg}$ 이고 온도 T_2K 에서 증기압(P_2)을 예측할 수 있는 식은? (단, 증기압은 ΔH_{vap} , 기체상수는 R 로 나타낸다.)

- ① $\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -\left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
- ② $\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -\left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$
- ③ $\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = -\left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$
- ④ $\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{\Delta H_{vap}}{R}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$

8. -20°C 에서 일정량의 얼음을 가열하며 온도 변화를 측정해 그래프를 그렸다. 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 가열 과정에서 압력은 1기압을 유지하며, 얼음과 수증기의 비열은 같지만 물의 비열은 얼음과 수증기의 2배로 가정한다. 그래프의 가로축은 열량, 세로축은 온도를 나타낸다.)

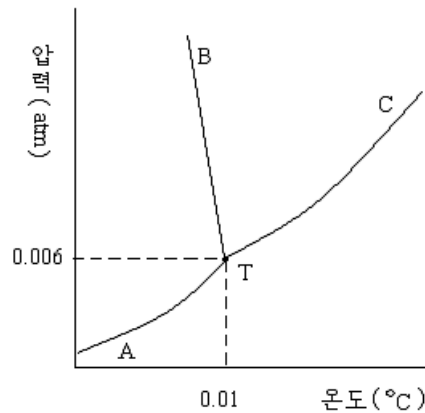
- ① 용해열은 증발열보다 크다.
- ② 가열 그래프의 기울기는 얼음, 수증기일 때보다 물일 때 더 크다.
- ③ 얼음이 물로, 물이 수증기로 변할 때 가열에 따라 온도가 높아진다.
- ④ 비열이 클수록 가열 곡선 기울기가 완만하고, 상태 변화할 때는 수평을 유지한다.

9. 피부를 이소프로판올과 같은 알코올로 닦으면 물로 닦을 때보다 더 차게 느껴진다. 그 이유를 바르게 설명한 것은?

- ① 물보다 수소 결합을 더 강하게 하기 때문이다.
- ② 물보다 증발열이 더 커서 체온을 쉽게 떨어뜨리기 때문이다.
- ③ 물보다 증발 속도가 빨라 체열을 빠르게 빼앗기 때문이다.
- ④ 물보다 벤젠 같은 분자와 섞이기 쉬운 비극성 부분의 영향 때문이다.

10. 수소 결합은 전기 음성도가 큰 원소 F, O, N을 포함하는 화합물에 H 원자가 그 사이에 끼어 부분 전하 사이에 작용하는 인력이다. 수소 결합과 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?
- ① F, O, N의 비공유 전자쌍이 H에 수소 결합을 제공한다.
 - ② HF, H₂O, NH₃와 같은 화합물에서만 수소 결합이 존재한다.
 - ③ 탄수화물, 지방, 단백질에는 수소 결합이 존재하지 않는다.
 - ④ 수소 결합이 있는 화합물은 분자량에 관계없이 끓는점이 높다.

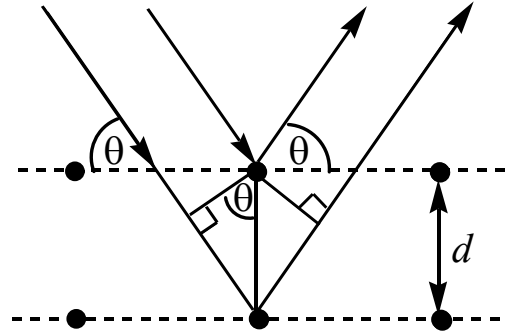
[11~12] 다음은 물의 상평형 곡선을 나타낸 것이다.



11. 위 그래프에 대한 설명으로 타당하지 않은 것은?
- ① 점 T는 삼중점이며 얼음, 물, 수증기가 동시에 평형을 이루는 점이다.
 - ② AT 곡선은 승화 곡선이며 겨울에 언 빨래가 서서히 마르는 것을 설명할 수 있다.
 - ③ BT 곡선은 용해 곡선이며 스케이트를 지칠 수 있는 원리를 설명할 수 있다.
 - ④ CT 곡선은 증기압 곡선이며 외부 압력에 따라 영향을 받는다.
12. H₂O의 삼중점 아래에서 수증기가 존재하고 있다고 할 때, 이 조건의 수증기에 대하여 다양한 조건 변화를 통해 상태 변화를 설명한 것으로 옳은 것은?
- ① 압력을 일정하게 한 상태에서 온도를 낮추면 수증기가 액화하는 것을 볼 수 있다.
 - ② 온도를 일정하게 유지한 상태에서 계의 압력을 증가시키면 응고와 승화를 관찰할 수 있다.
 - ③ 압력을 일정하게 유지한 상태에서 온도를 높이면 끓는점이 높아지는 것을 관찰할 수 있다.
 - ④ 온도를 일정하게 유지하면서 계의 압력을 높여 수증기→얼음→물의 상태 변화를 관찰할 수 있다.

13. 오른쪽 그림은 X-선 회절 분석을 이용해 결정을 분석할 때 그 원리를 설명하는 것이다. 그림에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① d 는 결정 입자 사이의 거리를 나타낸다.
- ② 입사광과 반사광의 경로차는 $d \cos \theta$ 이다.
- ③ X-선을 결정에 쬔었을 때 경로차는 $2d \sin \theta$ 이다.
- ④ 경로차가 파장의 정수배이면 보강 간섭이 일어난다.



14. 다음은 어떤 액체 상태의 물질 A에 대한 증기 압력을 몇 가지 온도에서 측정한 결과이다.

온도(°C)	15	25	30	50
증기 압력(atm)	0.01683	0.03126	0.04187	0.1217

상온(25°C)의 밀폐 용기에 물질 A를 넣고 즉시 증기 압력을 측정하였더니 0.0250atm이었다. 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 온도가 높을수록 증기 압력이 커진다.
- ② 용기를 15°C로 냉각하면 용기의 액면 높이는 낮아진다.
- ③ 용기 안에서는 증발 속도가 응결 속도보다 빠르다.
- ④ 용기에 0.0400atm의 증기를 넣어도 증발은 일어난다.

15. 어떤 금속 결정 입자가 체심 입방으로 배열되어 있다고 한다. 결정 입자의 반지름을 r 라 할 때, 이 단위 세포에서 부피 분율은?

- ① $\frac{\sqrt{2}\pi}{6}$
- ② $\frac{\sqrt{3}\pi}{6}$
- ③ $\frac{\sqrt{2}\pi}{8}$
- ④ $\frac{\sqrt{3}\pi}{8}$

16. 다음은 몇 가지 물질의 분자량과 끓는점을 나타내는 자료이다.

물질	분자량	끓는점(K)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	231
CH_3OCH_3	46	248
CH_3CHO	44	294

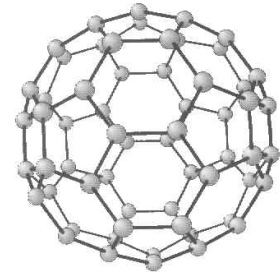
위 자료에서 알 수 있는 내용으로 옳은 것을 보기에서 모두 고르면?

<보 기>

- ㄱ. 분자 간 인력은 분자량에 비례한다.
 ㄴ. 분자량이 비슷할 때 극성이 클수록 끓는점이 높다.
 ㄷ. CH_3CHO 보다 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 의 끓는점이 낮은 것은 탄소 수가 많기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17. 흑연, 다이아몬드와 같이 순수한 탄소만으로 이루어진 새로운 물질이 1985년에 발견되었다. 이 물질의 분자는 일명 버키볼이라 부르는데, 그림과 같이 탄소 원자 60개가 오각형, 육각형 모양으로 결합한 속이 빈 축구공 형태이다. 이 구조는 다이아몬드의 그물 구조나 흑연의 층상 구조와는 완전히 다르다. 이 물질에 대한 서술 중 옳지 않은 것은? (단, C의 원자량은 12이다.)



- ① 분자식은 C_{60} 이다.
 ② 분자량은 720이다.
 ③ 상온에서 고체이다.
 ④ 밀도는 다이아몬드보다 작다.
 ⑤ 분자 내의 모든 결합은 이중 결합이다.