

4. 기체의 성질과 거동

1. 실제 기체에 대한 Van der Waals 식 : ④

$\left(P + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ 식은 이상 기체 상태 방정식을 실제 기체에 적용할 때 측정되는 압력(P)에 대한 영향을 나타낸다. a 는 분자에 의한 인력을 반영하여 측정 압력이 감소하고, b 는 실제 기체 분자가 움직이는 공간을 나타내므로 분자의 고유 크기에 비례하며, a , b 는 상수이다.

2. 압력 : ①

압력은 단위 면적 당 작용하는 힘으로 단위로는 N/m^2 , atm, mmHg, torr 등이 있다. 기체 분자의 압력은 기체 분자가 용기벽에 충돌하여 나타난다. 액체에 의한 압력은 액체의 밀도(ρ), 중력 가속도(g)와 물체가 액체 속에 잠긴 깊이(h)에 비례한다. 고체의 압력은 작용 압력이 면적이 클수록 감소한다.

3. 이상 기체 상태 방정식 : ③

매우 고온이나 고압이 아닌 경우 실제 기체는 이상 기체 상태 방정식($PV = nRT$)을 이용해 계산할 수 있다. 온도가 일정하므로 $0.400\text{ L} \times 5.20\text{ atm} = P \times 2.14\text{ L}$ 에서 $P = 0.97\text{ atm}$ 이다.

4. 샤를 법칙 : ③

기체 부피(V)가 절대온도(K)와 비례 관계임이 샤를 법칙이다. $273\text{ K} \times 22.4\text{ L} = 546\text{ K} \times V$ 에서 부피는 44.8 L 이다.

5. 온실 기체 : ④

온실 기체는 쌍극자 모멘트가 존재하면 된다. 자외선은 공유 결합을 끊을 수 있고, 가시광선은 전자를 들뜨게 하지만, 적외선은 분자의 회전이나 진동을 유발한다. 태양 복사는 주로 가시광선이지만, 지구 복사는 적외선이기 때문에 온실 기체가 많을수록 지구 평균 온도가 높아진다.

6. 이상 기체 상태 방정식($PV = nRT$)의 변형 : ③

$P = \frac{nR}{V}T$, $V = \frac{nR}{P}T$, $V = \frac{RT}{P}n$ 이지만 $PV = nRT$ 이며 압력(P)과 부피(V)는 반비례 관계이다.

7. 기체의 압력과 몰 수 : ④

온도가 0 °C이고 A 2 몰, B 1 몰을 3 L에 넣은 셈이므로

$$P = \frac{(2\text{mol} + 1\text{mol}) \times \frac{22.4\text{L}}{273\text{K}} \times 273\text{K}}{3\text{L}} \quad (\text{atm}) \text{이다.}$$

8. 기체의 속력 분포 : ①

온도가 높으면 그래프가 오른쪽, 아래로 이동한다. 곡선 아래 면적이 같고 평균값 왼쪽과 오른쪽의 넓이가 같아야 한다. 분자량이 크면 평균적으로 느리기 때문에 왼쪽, 위로 이동하고, 큰 평균 제곱 속력은 점 P보다 약간 오른쪽에 존재해야 하므로 최고 분을보다 약간 낮아야 한다.

9. 압력 단위 : ②

뉴턴(N)은 힘의 단위이고, 압력은 단위 면적당 작용하는 힘이므로 $P = \frac{f}{A}$ 로 나타낸다.

10. 기체 부피(V)와 온도(T) 관계(샤를 법칙) : ⑤

온도가 낮을수록 부피가 줄어들고, 실제 기체(수소, H₂)의 경우 상태 변화에 따라 끓는점(또는 승화점)이 달라진다. $V = \frac{nRT}{P}$ 이므로 압력은 $P_1 < P_2 < P_3$ 순이다. 점 A보다 낮은 온도에서는 기체 부피가 음으로 변해 논리적으로 있을 수 없으므로 점 A의 온도는 절대 영도(0 K)이다.

11. 압력 평형 상수(K_p) : ⑤

$$\begin{array}{ccc}
 2\text{NO}_2(\text{g}) & \rightleftharpoons & \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \\
 2(\text{atm}) & & 0 \\
 -2x & & +x \\
 \hline
 2-2x & & x
 \end{array}$$
 $2 - 2x + x = 1.6(\text{atm})$ 에서 $x = 0.4(\text{atm})$ 이다. $K_p = \frac{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}{P_{\text{NO}_2}^2} = \frac{1}{3.6}$ 이다.

이산화 질소(NO₂)는 46 g이 1 몰이므로 N₂O₄ 0.4 atm은 0.2 몰이고, NO₂ 1.2 atm은 0.6 몰이다. 압력이 감소한 것은 분자 수가 감소하기 때문이다.

12. 보일 법칙 : ②

수소 기체에 보일 법칙을 적용하면, $3 \text{ atm} \times 2 \text{ L} = P \times 3 \text{ L}$ 에서 $P = 2 \text{ atm}$ 이다.

13. 혼합 기체의 압력 : ④

$1 \text{ atm} \times 1 \text{ L} + 2 \text{ atm} \times 2 \text{ L} = P \times (1 + 2 + 2) \text{ L}$ 이고, $P_{O_2} = 0.2 \text{ atm}$, $n \propto PV$ 이므로 $n_{N_2} > n_{O_2}$ 이다. 기체의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하고, 기체가 반응하지 않고 골고루 섞이므로 각 용기에서 기체의 부분 압력은 일정하다.

14. 이상 기체의 상태 방정식 : ①

용기 부피가 모두 같으므로 각 용기에는 A 4 몰, B 3 몰씩 들어간다.

15. 압축 인자와 압력 : ⑤

CO_2 기체에 작용하는 압력이 증가하면 분자들의 거리가 가까워지고 분자 간 인력이 증가한다. 수소는 압력이 증가할수록 압축 인자가 1보다 계속 커진다. 분자량이 크면 분자 간 인력이 증가하므로 이상 기체에서 멀어지고, $z > 1$ 인 영역은 분자 고유 크기 때문에 생기는 반발력 증가가 원인이다. $z = 1$ 이 이상 기체, $z < 1$ 인 영역은 인력의 영향, $z > 1$ 인 영역은 반발력의 영향으로 설명한다.

16. 그레이엄의 분출 법칙 : ①

분출 속도는 절대 온도의 제곱근에 비례하고, 분자량의 제곱근에 반비례한다.

$$\frac{v_{SO_2}}{v_X} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{64}} = \frac{1}{2} \text{ 이고, 분출 부피를 } V \text{로 하면 분출 속도는 } \frac{1}{2} = \frac{\frac{V}{4}}{\frac{V}{t}} = \frac{t}{4} \text{에서 걸린 시간}$$

$t = 2$ 초이다.

17. 기체 분자 운동론 : ④

기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하지만, 분자의 종류에는 영향을 받지 않는다. 기체 분자는 중력 가속도(g)의 영향은 무시할 수 있다.

18. 보일 법칙 : ③

대기압이 75 cmHg이므로 $30 \times (75 + 15) = h \times (75 + 30)$ 에서 $h = 25.7 \text{ cm}$ 이다.

19. 압축 인자($z = \frac{PV_m}{RT}$) : ②

이상 기체는 $z = 1$ 이므로 점 B는 이상 기체와 같은 결과를 보인다. 점 A는 인력의 상대적 효과가 가장 큰 것이고, 압력이 클수록 분자가 가까워지고 인력은 증가한다. 압축 인자가 1보다 작은 영역은 인력의 영향이 크고, 압축 인자가 1보다 큰 영역은 분자 간 반발력이 영향을 끼친다.

20. 산성비 : ③

일반적으로 비금속 산화물은 산성 산화물, 금속 산화물은 염기성 산화물인데 예외적으로 CO, NO는 산과 염기 어느 쪽과도 반응하지 않는다. SO₂와 NO₂는 산성비의 원인 물질이다.

21. 산화제 오존(O₃) : ④

NO₂는 산성 산화물이고 자외선의 작용으로 NO₂가 NO+O로 분해될 때, NO의 촉매 작용을 통해 오존(O₃)이 생성되고 오존에 의해 탄화수소가 산화되어 PAN 등 스모그 물질이 만들어진다.

22. 온실 기체 : ④

온실 기체는 적외선을 흡수할 수 있는 기체로 분자 구조에서 극성 변화가 유발된다.

23. 오존 구멍 : ①

CFC는 오존 구멍을 유발하는 주원인 물질이다. 과정 (ㄱ)에서 자외선에 의해 Cl 원자가 생성되어 오존을 파괴하는 촉매로 작용한다. 과정 (ㄴ)에서 홀전자를 가지고 있는 것은 Cl, O₂, ClO이고, 과정 (ㄷ)에서 ClO는 중간체이다.

24. Van der Waals 식 : ③

a 는 기체 분자 고유의 인력을 반영한 값이고, b 는 분자마다 일정한 값을 가지며 $V-nb$ 는 실제 분자가 움직일 수 있는 공간을 반영한다. 측정된 압력(P)에서 a 는 감소하게 만들고, b 는 증가하게 만드는 효과가 있다.

25. 속력 분포 : ②

그림의 분포에서 평균 속력은 점 A의 위치보다 약간 오른쪽에 위치해 확률은 낮아진다. 일정 온도에서 분자량이 클수록 평균 속력이 낮으며, 곡선 아래 면적은 같고, 분자량이 크면 곡선이 왼쪽 위로 이동한다. 분자량이 같고, 온도가 높으면 평균 속력이 증가하므로 오른쪽 아래로 이동한다.

26. 기체에서 밀도와 분자량 : ①

이상 기체 상태 방정식을 변형하면 $P = \frac{nRT}{V} = \frac{wRT}{M_w V}$ 이므로 밀도는 $d = \frac{w}{V} = \frac{PM_w}{RT}$ 이다. 일정 온도와 압력(1 atm, 0 °C=273 K)에서 밀도를 계산할 수 있다.

27. 분출 속도와 분자량 : ④

그레이엄 법칙에 따라 $\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w}}$ 이므로 $\frac{v_{CH_4}}{v_X} = \frac{v}{2v} = \sqrt{\frac{X}{16}}$ 이다. 기체 X의 분자량을 X라 할 때, $X = 64$ (g/mol)이다.

28. 확산과 분출의 비교 : ①

확산과 분출은 분자량(M)의 제곱근에 반비례($v \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$)하며 절대 온도(K)의 제곱근에 비례($v \propto \sqrt{T}$)한다. 압력이 높으면 분출하기 쉽고, 기체의 분출 부피를 V 라 할 때 분출 속도 비는 분자량의 제곱근에 반비례하므로 미지 기체 분자량을 M 이라 하면, $\frac{V}{8s} : \frac{V}{2s} = \frac{1}{\sqrt{64}} : \frac{1}{\sqrt{M}}$ 이 성립한다.

29. 실제 기체의 상태 변화 : ③

이상 기체는 상태 변화가 없지만, 실제 기체는 상태 변화가 있다. 그래프에서 실제 기체에 압력을 가해 P_0 에 이르렀을 때 기체→액체 변화(액화)가 일반적이지만, 기체→고체 변화(승화)도 일어날 수 있다.

30. 기체에 관한 법칙 : ③

기체에서 보일 법칙은 $PV = \text{일정}(n, T \text{ 일정})$ 이고, 샤를 법칙은 $V \propto T(n, P \text{ 일정})$ 를 가리키며, 아보가드로 법칙은 $n \propto V(P, T \text{ 일정})$ 조건이지만, 배수 비례 법칙은 두 가지 원소로 여러 화합물을 만들 수 있을 때 적용되는 원자에 관한 법칙이다.