

4. 기체의 성질과 거동

4.1. 기체에 관한 법칙

(1) 기체와 압력

- 기체의 압력은 단위 면적에 충돌하는 기체 분자의 운동량 변화로 나타난다.

(2) 기체에 관한 법칙

- 보일 법칙 : 일정 온도에서 일정량의 기체 부피는 기체에 가해지는 압력에 반비례한다.
- 샤를 법칙 : 일정 압력에서 일정량의 기체 부피는 절대 온도에 비례한다.
- 아보가드로 법칙 : 일정 온도와 압력에서 기체 분자 수는 기체 부피에 비례한다.

(3) 이상 기체 방정식 : $PV = nRT$

4.2. 분압 법칙과 그레이엄 법칙

(1) 부분 압력(분압)과 몰분율

- 부분 압력은 기체가 단독으로 용기에 들어 있을 때 나타내는 압력이다.
- 전체 압력은 혼합 기체를 구성하는 성분 기체의 부분 압력의 합이고, 부분 압력은 그 성분 기체의 몰분율에 비례한다.

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i, \quad X_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n}, \quad P_i = X_i \cdot P_{tot}$$

(2) 그레이엄 법칙

- 확산 : 유체들이 제한 없이 서로 섞이는 현상
- 분출 : 기체 분자들이 작은 구멍을 통해 탈출하는 현상
- 그레이엄 법칙 : 분출 속도는 절대 온도의 제곱근에 비례하고 분자량의 제곱근에 반비례한다.

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \quad \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

4.3. 기체 분자 운동론

(1) 기체 분자 운동론

- 기체는 매 순간 불규칙하고 빠르게 직선 운동한다.
- 분자 자체 부피는 전체 부피에 비해 무시할 만큼 작다.
- 기체 분자 간 인력이나 반발력은 무시할 수 있다.
- 기체 분자는 완전 탄성 충돌을 한다.
- 기체의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다.

(2) 실제 기체의 압축 인자(z)

$$z = \frac{PV}{nRT}$$

- 이상 기체는 $z = 1$ 이고 $z < 1$ 인 영역은 인력이 작용하는 효과이고 $z > 1$ 인 영역에서는 반발력 크게 작용하는 효과를 나타낸다.

[연습 문제]

1. 실제 기체의 상태를 설명하는 van der Waals 식에서 상수 a 는 무엇을 교정한 것인가?

$$\text{Van der Waals 식 : } \left(P + a \frac{n^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT \quad [\text{조선대}]$$

- ① 실제 기체 분자가 차지하는 공간 때문에 이상 기체가 PV 값으로부터 양의 편차
- ② 실제 기체 분자가 차지하는 공간 때문에 이상 기체가 PV 값으로부터 음의 편차
- ③ 실제 기체 분자 사이의 인력 때문에 이상 기체가 PV 값으로부터 양의 편차
- ④ 실제 기체 분자 사이의 인력 때문에 이상 기체가 PV 값으로부터 음의 편차
- ⑤ 실제 기체 분자 사이의 질량 때문에 이상 기체가 PV 값으로부터 양의 편차

2. 압력은 단위 면적 당 작용하는 힘으로 나타낼 수 있는데, 물질의 상태에 따라 압력을 표현하는 방법이 다양하다. 압력과 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 액체의 압력은 액체 기둥의 높이에 반비례한다.
- ② 기체의 압력은 용기벽에 충돌해 튕겨나갈 때 나타난다.
- ③ 압력을 나타내는 단위 중 mmHg는 온도에 관계없이 일정하다.
- ④ 어떤 고체가 면에 미치는 압력은 면에 닿는 고체의 모양과 무관하다.

3. 일정 온도에서 400mL들이 에어로솔 용기에 5.20기압으로 기체를 주입하였다. 큰 플라스틱 자루에 이 기체를 모두 분출시켜 부피가 2.14L가 됐을 때 자루 안의 기체 압력은?

- ① 0.90기압 ② 0.93기압 ③ 0.97기압 ④ 1.00기압

4. 기체 분자의 움직임을 모순 없이 설명하기 위해 기체 분자 운동론은 몇 가지 가정을 도입한다. 기체 분자 운동론의 가정에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 기체는 매 순간 불규칙하고 빠르게 직선 운동한다.
- ② 분자 자체 부피는 전체 부피에 비해 무시할 수 있다.
- ③ 기체 분자끼리는 탄성 충돌이지만, 분자와 벽이 충돌할 때는 비탄성 충돌이다.
- ④ 분자 간 인력이나 반발력은 무시할 수 있고, 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다.

5. 지구 대기에 존재하는 소량의 오염 기체가 지구 평균 기온에 영향을 미칠 수 있고, 스모그나 산성비를 유발하기도 한다. 태양빛을 파장에 따라 나눌 때 다음 설명 중 옳은 것은?

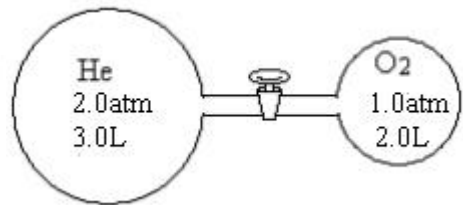
- ① 온실 기체는 무극성 기체여야 한다.
 ② 가시광선은 분자의 결합을 끊을 수 있다.
 ③ 자외선은 분자를 들뜨게 만들어 오로라 등을 볼 수 있다.
 ④ 적외선은 분자의 진동과 회전 등을 일으킬 수 있다.

6. 이상 기체 상태 방정식의 변수에 대하여 다음에 제시한 변수 외에는 일정하다고 가정하고 그래프를 도시할 때 직선형인 것을 모두 고르면?

(a) T에 대한 P	(b) T에 대한 V	(c) V에 대한 P	(d) n에 대한 V
-------------	-------------	-------------	-------------

- ① (a), (b) ② (c), (d) ③ (a), (b), (d) ④ (b), (c), (d)

7. 오른쪽 그림과 같이 헬륨을 2.0기압, 3.0L, 산소를 1.0기압, 2.0L 넣고 콕을 열었을 때 일어나는 변화를 관찰하였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 보기에서 모두 고른 것은? (단, 온도는 일정하며 산소는 헬륨보다 상대 질량이 8배 크다.)



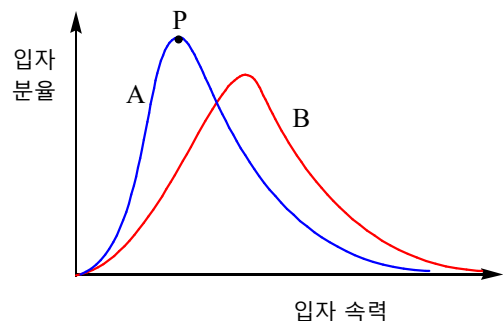
<보 기>

- ㄱ. 전체 압력은 1.0기압과 2.0기압을 평균한 1.5기압이다.
 ㄴ. 온도가 일정하므로 헬륨과 산소의 하나 당 평균 운동 에너지는 서로 같다.
 ㄷ. 콕을 열면 헬륨은 오른쪽으로, 산소는 왼쪽으로 완전히 이동한다.
 ㄹ. 이동하는 분자 수는 처음에 왼쪽→오른쪽 방향이 오른쪽→왼쪽 방향보다 많다.

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

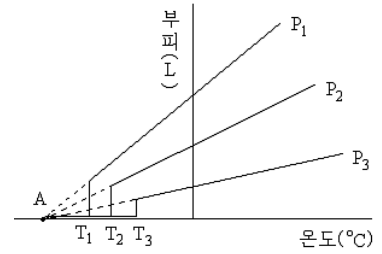
8. 기체 분자는 그 속력 분포가 그래프와 같이 나타난다. 그래프에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 온도가 높을수록 그래프는 B→A로 이동한다.
 ② 점 P는 A에서 평균 속력을 나타낸다.
 ③ 분자량이 클수록 그래프가 A→B로 이동한다.
 ④ 근평균 제곱 속력($\sqrt{v^2}$)은 그래프의 최고 분율이다.



9. 오른쪽 그래프는 여러 가지 압력에서 일정량의 수소를 냉각하면서 온도에 따른 부피 변화를 관찰한 결과를 나타낸 그래프이다.

그래프에 대한 보기의 설명 중 옳은 것만을 모두 고른 것은?

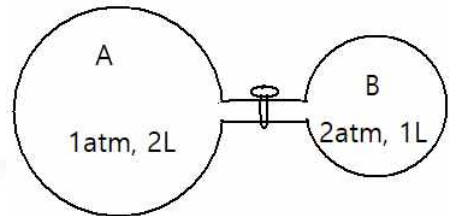


<보 기>

- ㄱ. 압력의 크기는 $P_1 < P_2 < P_3$ 순이다.
- ㄴ. 압력이 높을수록 수소의 끓는점이 높아진다.
- ㄷ. 점 A는 -273°C 이며 이보다 낮은 온도는 이론상 존재할 수 없다.

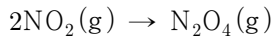
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10. 일정량의 물질에 포함된 특정 성분의 몰 수가 나타내는 비율을 '몰 분율(mole fraction)'이라 부른다. 그림에서 A와 B는 서로 반응하지 않는다. 콕을 열고 충분히 섞었을 때 A의 몰 분율은? (단, 연결관 부피는 무시한다.)



- ① 0.2 ② 0.3 ③ 0.4 ④ 0.5

11. 이산화질소(NO_2)는 다음과 같은 반응으로 사산화이질소(N_2O_4)를 만든다.



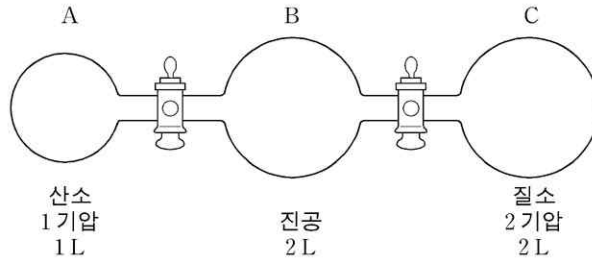
어느 온도에서 10L 용기에 이산화질소 46g을 넣고 즉시 압력을 잴더니 2.0기압이었다. 같은 온도를 유지하면서 충분한 시간이 흐른 뒤 압력을 잰 결과가 1.6기압이었다고 할 때 보기의 설명 중 옳은 것을 모두 고르면? (단, NO_2 분자량은 46g/mol이다.)

<보 기>

- ㄱ. 용기 내의 몰수 비는 $\text{NO}_2 : \text{N}_2\text{O}_4 = 2 : 1$ 이다.
- ㄴ. 용기 내에 존재하는 사산화이질소는 0.40몰이다.
- ㄷ. 압력이 감소하는 것은 분자 수가 감소하는 반응 때문이다.
- ㄹ. NO_2 와 N_2O_4 의 부분 압력은 각각 1.2기압, 0.40기압이다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

12. 그림과 같이 플라스크를 연결한 장치를 설치하고 두 개의 콕을 열어 산소와 질소 기체를 혼합하였다. 혼합된 기체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 온도는 일정하고 질소와 산소는 반응하지 않는다.)



- ① 전체 압력은 1기압이다.
- ② 산소의 부분 압력은 0.2기압이다.
- ③ 질소의 몰수는 산소의 몰수보다 크다.
- ④ 분자의 평균 운동 에너지는 질소가 산소보다 크다.
- ⑤ 각 용기에서 나타내는 기체의 압력은 모두 같다.

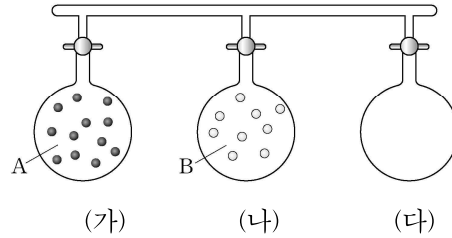
13. 그림과 같이 0°C에서 일산화탄소(CO), 질소(N₂), 수소(H₂) 기체가 동일한 세 개의 용기에 각각 채워져 있다.



각 용기 안의 기체에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, H, C, N, O의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16이다.)

- ① CO와 N₂의 밀도는 서로 같다.
- ② N₂와 H₂의 평균 분자운동속도는 서로 같다.
- ③ CO의 평균 분자운동에너지가 H₂보다 크다.
- ④ 분자 사이의 평균 거리가 가장 가까운 것은 N₂이다.
- ⑤ 시간 당 용기벽에 충돌하는 횟수는 H₂가 N₂보다 크다.

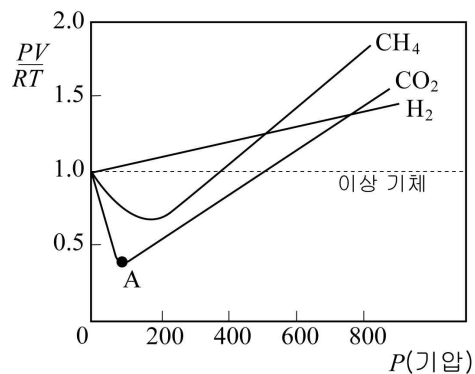
14. 그림과 같이 실온에서 용기 (가)에는 기체 A가 12몰, (나)에는 기체 B가 9몰 들어 있고, (다)는 비어 있다.



꼭을 모두 열고 충분한 시간이 흐른 후, 용기에 존재하는 기체 A와 B의 몰 수에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 두 기체는 서로 반응하지 않으며, 용기의 부피는 동일하고 연결관의 부피는 무시한다.)

- ① 각각의 용기에는 기체 A가 4몰, 기체 B가 3몰씩 들어 있다.
- ② (가)에는 기체 A가 6몰, 기체 B가 3몰 들어 있다.
- ③ (나)에는 기체 B가 6몰 들어 있다.
- ④ 기체 A는 (가)에 8몰, (나)에 4몰 들어 있다.
- ⑤ 기체 B는 (나)에 3몰, (다)에 6몰 들어 있다.

15. 다음 그래프는 273 K에서 몇 가지 기체 1몰의 압력 P 에 따른 압축 인자($z = \frac{PV}{RT}$) 값의 변화를 나타낸 것이다.

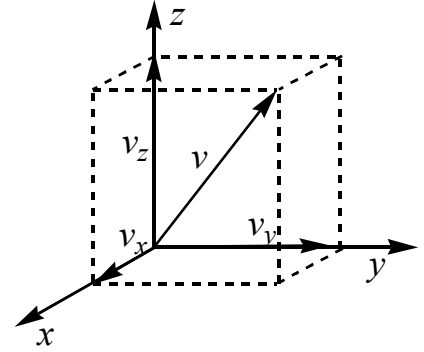


위 자료에 대하여 옳은 것은?

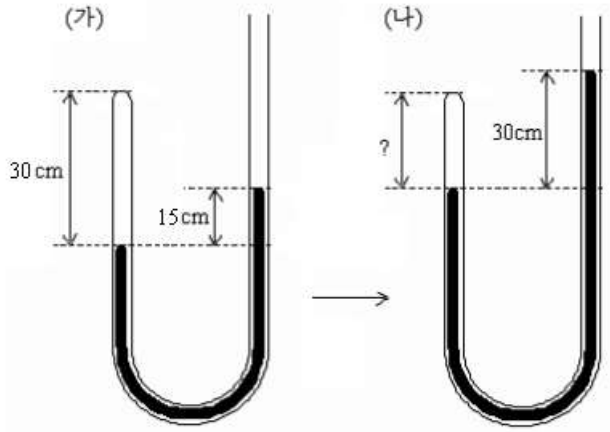
- ① CO_2 분자들 사이의 인력은 점 A에서 가장 크다.
- ② H_2 는 압력이 증가할수록 이상 기체에 가깝게 행동한다.
- ③ 분자량이 클수록 이상 기체에 가까운 행동을 한다.
- ④ 기체 분자 사이에 작용하는 인력 때문에 $z > 1$ 인 영역이 나타난다.
- ⑤ 실제 기체에서 z 값이 이상 기체와 같지 않은 것은 분자들 사이의 인력과 분자 자체의 크기 때문이다.

16. 그림은 삼차원 공간에서 기체 분자의 속력(\vec{v})을 나타낸 것이다. 용기 안에서 기체의 압력과 기체의 내부 에너지에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 기체 분자의 속력은 $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ 관계가 성립한다.
- ② 한 변 l 인 상자에 기체 분자가 용기벽에 충돌할 때, x 축 방향 힘(f_x)은 $\frac{2mv_x^2}{l}$ 이다.
- ③ 기체 분자에 작용하는 전체 힘(F) 크기는 $f_x^2 + f_y^2 + f_z^2$ 과 같다.
- ④ 단위자 이상 기체에서 기체의 내부 에너지는 평균 운동 에너지와 같다.



17. 다음 그림 (가)와 같은 J자관에 수은에 갇힌 공기가 들어 있다. 여기에 수은을 더 넣어 수은주 높이 차가 30cm로 변했다면 (나)의 갇힌 공기 공간의 높이는 얼마인가? (단, 대기압은 75cmHg 이고 온도는 일정하다.)



- ① 15cm
- ② 20cm
- ③ 23cm
- ④ 26cm

5. 열화학

5.1. 상태함수와 경로함수

(1) 상태함수

- 처음과 마지막 상태에 의해서만 결정되며 중간 경로와 무관한 것을 상태함수라 한다.
- 전체 상태함수 변화는 본래 상태로 돌아오면 경로와 무관하게 0이 된다.
- 위치 에너지, 내부 에너지, 엔탈피 등

(2) 경로함수

- 중간 경로에 따라 결정되는 것을 경로함수라 한다.
- 팽창일, 열 등

(3) 내부 에너지와 계

- 계(system)는 관심을 가진 대상이고 그 외의 모든 것을 주위(surrounding)라 한다.
- 계의 내부 에너지 변화(ΔU)는 계에 투입된 열(q)과 계가 얻은 일(w)의 합으로 나타낸다.

5.2. 팽창일(PV일)

(1) 일의 정의

- 물체에 외력(f)이 작용해 물체를 Δs 만큼 이동시킬 때 한 일의 양은 $w = f\Delta s$ 로 나타낸다.

(2) 팽창일과 비팽창일

- 팽창일은 계의 팽창이나 수축에 의해 계에 행해진 일을 뜻하며, 비팽창일의 예로는 계의 팽창이나 수축과 무관한 전기적 일이 있다.
- 팽창일 : $w = -P\Delta V$ (계가 팽창하면 계가 외부에 일을 행한 것이므로 음의 부호가 붙는다)

(3) q_V 와 q_P

- q_V 는 일정 부피에서 계에 투입된 열이고 $q_V = \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$ 이다.
- q_P 는 일정 압력에서 계에 투입된 열로 $q_P = \Delta U + P\Delta V = \frac{3}{2}nR\Delta T + nR\Delta T$ 이다.

5.3. 열량계와 열용량

(1) 열량계와 C_V , C_P

- $q_V = \frac{3}{2}nR\Delta T = nC_V\Delta T$ 에서 $C_V = \frac{3}{2}R$, $q_P = \frac{3}{2}nR\Delta T + nR\Delta T = nC_P\Delta T$ 에서 $C_P = \frac{5}{2}R$ 이다.

(2) 등온 가역 팽창

- 온도가 일정하고 미소량의 외부 압력 변화에 따르는 미소량의 부피 변화가 가역적으로 일어나고, 부피가 V_1 에서 V_2 로 변하는 계의 팽창일은 $w = - \int_{V_1}^{V_2} P_{ex} dV = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$ 이다.

5.4. 헤스 법칙

(1) 표준 생성 엔탈피

- 열역학적 표준 상태는 25°C, 1atm이고, 농도는 1M이고, 윗첨자는 “°”를 사용해 나타낸다.
- 표준 생성 엔탈피(ΔH_f°)를 이용하면 어떤 반응의 반응열을 예상할 수 있다.

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{생성물}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{반응물})$$

(2) 헤스 법칙

- 엔탈피 변화는 상태함수로 반응 경로에 무관하므로 실험으로 쉽게 알아낼 수 없는 반응의 반응열을 예측할 수 있다.

5.5. 엔트로피와 열역학 법칙

(1) 엔트로피의 정의

- 볼츠만 정의 : $S = k_B \ln W$, 카르노-클라우지우스 정의 : $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$
- 열역학 제3법칙 : 절대 영도(0K)에서 완전 결정의 엔트로피는 0이다.

(2) 표준 몰 엔트로피와 표준 반응 엔트로피

- 표준 몰 엔트로피(S°)를 이용해 표준 반응 엔트로피($\Delta S^\circ = S^\circ(\text{생성물}) - S^\circ(\text{반응물})$)를 계산할 수 있다.

(3) 자발적 과정

- 전체 엔트로피 변화($\Delta S_{tot} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{sur}$)는 계의 엔트로피 변화와 주위의 엔트로피 변화를 더한 값이며 자발적 반응은 $\Delta S_{tot} > 0$ 일 때이다.
- 계에 ΔH 가 투입되면 주위는 그만큼 엔탈피를 잃어 $\Delta S_{sur} = -\frac{\Delta H}{T}$ 이다. $\Delta S_{sys} = \Delta S$ 로 나타내면 자발적 과정은 $\Delta S_{tot} = \Delta S - \frac{\Delta H}{T} > 0$ 이다.

(4) 자유 에너지와 반응의 자발성

- 자유 에너지를 $G = H - TS$ 로 정의하면 온도가 일정할 때 자유 에너지 변화는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이고 $\Delta G < 0$ 일 때 자발적이다.
- 어떤 물질의 표준 생성 자유 에너지(ΔG_f°)는 열역학적 표준 상태에서 그 물질의 홑원소 물질로부터 1몰을 생성할 때의 반응열이다.
- $\Delta G^\circ = \sum \Delta G_f^\circ(\text{생성물}) - \sum \Delta G_f^\circ(\text{반응물})$

[연습 문제]

1. 열역학적 계 (thermodynamic system)에 관한 다음의 설명들 중 옳은 것은? [강원대]

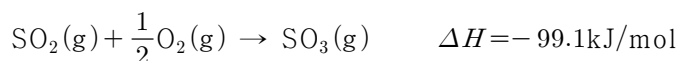
- ① 「고립계(isolated system)」란 에너지의 이동만을 통하여 주위(surroundings)와의 상호 작용이 가능한 계를 의미한다.
- ② 「닫힌계(closed system)」란 주위와 아무런 상호 작용을 하지 않는 계를 의미한다.
- ③ 「고립계(isolated system)」란 물질의 이동만을 통하여 주위와의 상호 작용이 가능한 계를 의미한다.
- ④ 「닫힌계(closed system)」란 에너지의 이동만을 통하여 주위와의 상호작용이 가능한 계를 의미한다.

2. 다음은 열역학 및 에너지의 성질을 나열한 것이다 올바른 것만을 모두 고른 것은? [중앙대]

- 가. 열역학 제1법칙에 의하면 에너지의 이동은 없다.
- 나. 실온에서 희박한 이원자 기체의 회전(rotational) 에너지는 근사적으로 $3nRT/2$ 이다.
- 다. Hess의 법칙은 두 개의 다른 과정이 연이어 일어나는 것과 동등한 전체 반응의 엔탈피 변화는 이 두 과정들의 엔탈피 변화의 합과 같다는 것이다.
- 라. 열역학 제2법칙에 의하면 자발적으로 찬 물체에서 더운 물체로 열이 흐를 수 없다.

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

3. 아래 주어진 반응을 이용하여 96.1g의 SO_2 가 SO_3 로 전환될 때 발생하는 열을 계산하시오.
(SO_2 물질량=64.07g/mol) [전남대]



- ① -138kJ/mol ② -149kJ/mol ③ -168kJ/mol ④ -115kJ/mol

4. 상태함수는 처음과 마지막의 상태에 의해서만 결정되고, 경로함수와 달리 중간 경로와는 무관한 것을 나타낸다. 다음 중 상태함수에 해당하는 것은?

- ① 기체의 밀도 ② 팽창일(PV 일)
- ③ 이동 거리 ④ 내부 에너지 변화(ΔU)

5. 단원자 이상기체에서 몰열용량은 C_V 와 C_P 가 있다. 다음 중 $C_P - C_V$ 값을 바르게 나타낸 것은? (단, R 은 기체상수, T 는 절대온도를 가리킨다.)

- ① RT ② $\frac{3}{2}RT$ ③ $2RT$ ④ $\frac{5}{2}RT$

6. 결합 해리 에너지를 이용해 에틸렌과 수소가 에테인을 만드는 다음 반응의 표준 반응 엔탈피 ΔH° (kJ/mol)를 구하여라.



결합 종류	C - C	C = C	C - H	H - H
평균 결합 해리 에너지(kJ/mol)	350	611	410	436

- ① 123kJ/mol ② -123kJ/mol ③ 287kJ/mol ④ -287kJ/mol

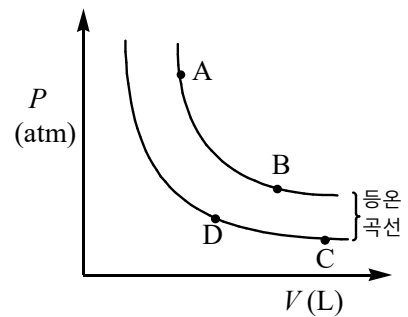
7. 어떤 반응이 자발적으로 진행되는지는 그 반응이 일어나는 온도에서 ΔH 와 ΔS 를 바탕으로 판단할 수 있다. 온도가 400K로 일정할 때 다음과 같은 열역학적 반응이 자발적인 것만을 모두 고른다면?

(a) $\Delta H = -50 \text{ kJ}$, $\Delta S = 120 \text{ J/K}$ (b) $\Delta H = 50 \text{ kJ}$, $\Delta S = -130 \text{ J/K}$
(c) $\Delta H = 50 \text{ kJ}$, $\Delta S = 120 \text{ J/K}$ (d) $\Delta H = 50 \text{ kJ}$, $\Delta S = 130 \text{ J/K}$

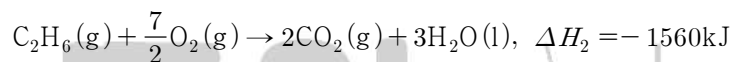
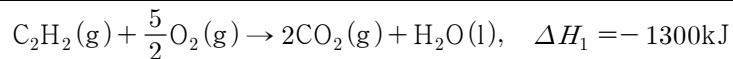
- ① (a), (b) ② (a), (c) ③ (a), (d) ④ (b), (d) ⑤ (c), (d)

8. 그림은 일정 온도에서 계의 변화를 압력($P(\text{atm})$)과 부피($V(\text{L})$) 관계를 나타낸 것이다. 이에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

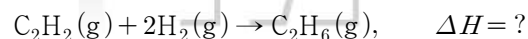
- ① $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 로 순환할 때 내부 에너지 변화는 0이다.
- ② $D \rightarrow A$ 변화에서 단열 압축을 통해 계의 온도가 높아진다.
- ③ $B \rightarrow C$ 경로에서 단열 압축이 일어나 온도가 낮아진다.
- ④ $A \rightarrow B \rightarrow C$ 과정이 일어나면 계의 내부 에너지가 감소한다.



9. 다음은 에타인(C_2H_2)이 에테인(C_2H_6)으로 되는 반응의 반응열을 구하기 위해 필요한 몇 가지 물질의 반응열을 나타낸 반응식이다.



위 반응식을 이용하여 다음 반응의 반응열(ΔH)을 옳게 구한 것은?



- ① -3432kJ ② -312kJ ③ 312kJ
- ④ 2288kJ ⑤ 3432kJ

10. 일정한 압력에서 일어나는 반응에 대하여 엔탈피 변화(ΔH)는 내부 에너지 변화(ΔU)와 팽창 일($P\Delta V$)의 합으로 나타낸다. 이 반응의 내부 에너지가 60kJ 감소하고 계에 의하여 30kJ 의 팽창이 이루어졌다. 이 반응 과정의 ΔH 는 얼마인가?

- ① -90kJ ② -30kJ ③ 30kJ ④ 90kJ

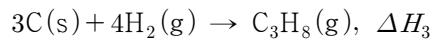
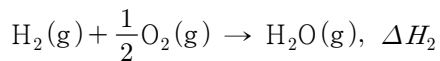
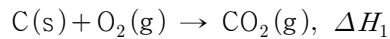
11. 물의 비열은 $4.2\text{J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 이고, 스테인리스강의 비열은 $0.50\text{J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ 이다. 500g 짜리 스테인리스강 용기에 물 450.0g 을 넣은 후 25°C 에서 물의 끓는점 100°C 까지 가열하는 데 필요한 열은?

- ① $1.4 \times 10^5\text{kJ}$ ② $1.4 \times 10^3\text{kJ}$ ③ $1.4 \times 10^2\text{kJ}$ ④ $1.42 \times 10^5\text{J}$

12. 깁스 자유 에너지 변화(ΔG)는 대체로 절대온도(T)에 비례한다. 다음 중 옳지 않은 것은?

- ① 어떤 반응에서 깁스 자유 에너지 변화는 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다.
- ② ΔG 가 절대온도에 비례할 때, ΔH 와 ΔS 는 온도와 무관하다.
- ③ $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$ 이면 ΔG 와 T 의 그래프에서 y 절편은 0보다 크다.
- ④ $\Delta H < 0$ 이면 ΔG 와 T 의 그래프에서 기울기는 음이다.

13. 다음은 몇 가지 물질의 생성열을 나타내는 열화학 반응식이다.



위 자료를 이용해 다음 반응의 엔탈피 변화(ΔH)를 구하는 식으로 옳은 것은?

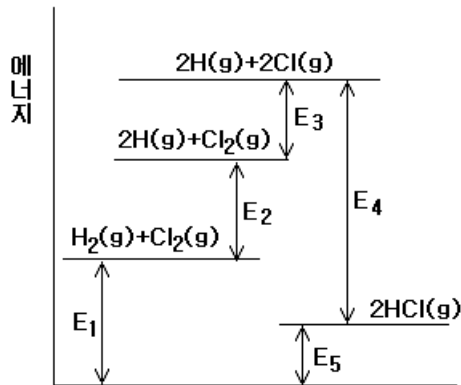


- ① $\Delta H = 3\Delta H_1 + 4\Delta H_2 - \Delta H_3$
- ② $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$
- ③ $\Delta H = \Delta H_3 - 3\Delta H_1 - 4\Delta H_2$
- ④ $\Delta H = \Delta H_3 - \Delta H_1 - \Delta H_2$
- ⑤ $\Delta H = 3\Delta H_1 + 4\Delta H_2 + \Delta H_3$

14. 다음 반응 중에서 계가 팽창에 의해 외부에 대하여 일을 하는 것은? (단, 압력은 일정하게 유지한다.)

- ① $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- ② $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl(aq)} \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{AgCl(s)}$
- ③ $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO(g)} + 6\text{H}_2\text{O(l)}$
- ④ $2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C(s)} \rightarrow 4\text{Fe(s)} + 3\text{CO}_2(\text{g)}$

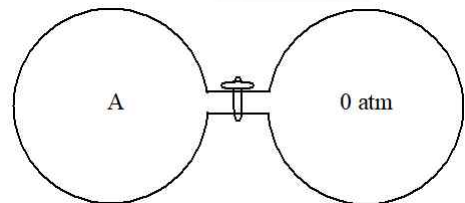
15. 수소(H_2)와 염소(Cl_2)가 반응하여 염화수소(HCl)가 생성되는 반응을 가상하여 에너지를 단계별로 나타내면 다음 그래프와 같다.



위 반응에서 반응열(ΔH)을 바르게 나타낸 것은?

- $$\begin{array}{ll} \textcircled{1} \quad \Delta H = E_1 - E_5 & \textcircled{2} \quad \Delta H = (E_2 + E_3) - E_4 \\ \textcircled{3} \quad \Delta H = (E_1 + E_2 + E_3) - (E_4 + E_5) & \textcircled{4} \quad \Delta H = E_4 - (E_2 + E_3) \end{array}$$

16. 그림과 같이 크기가 같은 두 구가 연결되어 있는데, 하나는 진공 상태이다. 기체 A가 1몰 들어 있을 때, 다음 설명 중 옳지 않은 것은? (단, 아보가드로 수는 6×10^{23} 이고 온도는 일정하다.)



- ① 코를 열 때, A는 왼쪽에서 오른쪽으로만 이동한다.
- ② 코를 열 때, A가 모두 한 쪽에만 있을 확률은 $\left(\frac{1}{2}\right)^{6 \times 10^{23}}$ 이다.
- ③ 온도가 0K일 때, A가 완전 결정이라면 결정의 엔트로피는 0이다.
- ④ 온도가 높아지면 에너지가 분배되는 방법 수도 증가해 A의 엔트로피도 증가한다.