

## 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.

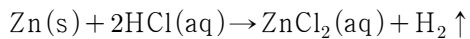
## [연습 문제]

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. 아연과 염산이 반응하면 수소가 발생한다.



아연 6.5g을 충분한 양의 염산과 반응시켜 발생하는 수소는 20°C, 1기압에서 부피가 얼마인가?  
(단, 아연의 원자량은 65g/mol로 계산한다.)

- ① 2.2L                      ② 2.4L                      ③ 2.6L                      ④ 2.8L

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 분자 운동론은 기체 분자의 움직임을 실험적인 모순없이 설명하기 위해 제안되었다. 기체 분자 운동론에 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 기체 분자도 중력의 영향을 받으므로 포물선 운동을 한다.
- ② 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다.
- ③ 기체 분자 사이에는 인력과 반발력이 작용한다.
- ④ 충돌에 의한 에너지 손실 때문에 충분한 시간이 지나면 기체 분자는 정지한다.
- ⑤ 기체의 부피는 온도가 같을 때 분자 수에 비례한다.

5. 압력은 대상 물질의 상태에 따라 측정하는 방법에 차이가 있다. 다음 설명 중 타당한 것은?

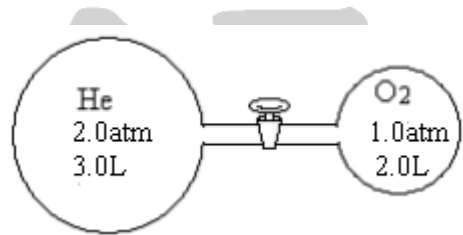
- ① 압력은 단위 면적당 작용하는 힘으로 고체에서만 유효하게 계산할 수 있다.
- ② 액체 속에 잠긴 물체에 작용하는 압력은 액체의 밀도와 잠긴 깊이에 비례한다.
- ③ 기체가 용기에 작용하는 압력은 기체 분자가 용기에 충돌하는 속도에 비례한다.
- ④ 탁자에 무게가 같은 고체 물체를 놓을 때 접촉 면적이 넓을수록 압력이 크다.

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 코크를 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>

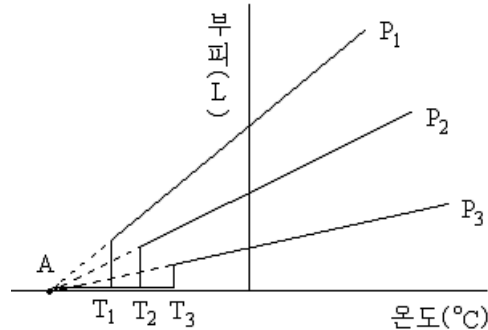
- ㄱ. 전체 압력은 1.0기압과 2.0기압을 평균한 1.5기압이다.
- ㄴ. 온도가 일정하므로 헬륨과 산소의 평균 운동 에너지는 서로 같다.
- ㄷ. 코크를 열면 헬륨은 오른쪽으로, 산소는 왼쪽으로 완전히 이동한다.
- ㄹ. 이동하는 분자 수는 처음에 왼쪽→오른쪽 방향이 오른쪽→왼쪽 방향보다 많다.

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

8. 자연에서 빗물은 대기 중 이산화탄소가 녹아 생긴 탄산의 영향으로 약간 산성으로 나타난다. 산성비에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 오염이 안 된 자연의 빗물은 pH 5.6 정도를 나타낸다.
- ② 산성비는 질소와 황의 산화물로 생성된다.
- ③ 산성비는 화석연료를 대량으로 사용하는 것이 주원인이다.
- ④ 산성비에 의해 토양 속 무기염류가 유실되고 pH에 의해 효소 기능이 저하된다.
- ⑤ 산성비에 의해 오존층이 파괴되어 자외선량이 늘어 피부암 환자가 증가한다.

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



그래프에 대한 설명으로 옳은 것을 보기에서 모두 고른 것은?

<보 기>

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

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

10. (가)와 (나)는 성층권의 오존이 반응하는 과정을 나타낸 것이다.

(가) $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$ $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$	(나) $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$ $\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{O}_2$
---	---

위 반응에 대한 설명으로 다음 중 옳지 않은 것을 고르면?

- ①  $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$  반응 과정에서는 에너지를 방출한다.  
 ② (가), (나)에서  $\text{ClO}$ ,  $\text{NO}_2$ 는 중간 생성물이다.  
 ③ (가), (나)에서  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}$ 는 오존을 파괴하는 촉매 작용을 한다.  
 ④ 오존층을 파괴하는 염소 원자는 프레온이 자외선에 의해 분해되어 생긴다.  
 ⑤ 성층권 근처를 나는 비행기가 증가하면 (나) 반응에 의해 오존층에 영향을 준다.



13. 그림과 같이 0°C에서 일산화탄소(CO), 질소(N<sub>2</sub>), 수소(H<sub>2</sub>) 기체가 동일한 세 개의 용기에 각각 채워져 있다.

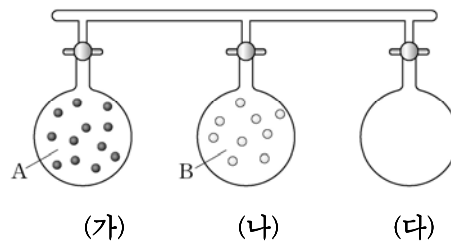


각 용기 안의 기체에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, H, C, N, O의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16이다.)

- ① CO와 N<sub>2</sub>의 밀도는 서로 같다.
- ② N<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>의 평균 분자운동속도는 서로 같다.
- ③ CO의 평균 분자운동에너지가 H<sub>2</sub>보다 크다.
- ④ 분자 사이의 평균 거리가 가장 가까운 것은 N<sub>2</sub>이다.
- ⑤ 시간 당 용기벽에 충돌하는 횟수는 H<sub>2</sub>가 N<sub>2</sub>보다 크다.

동의비스쿨

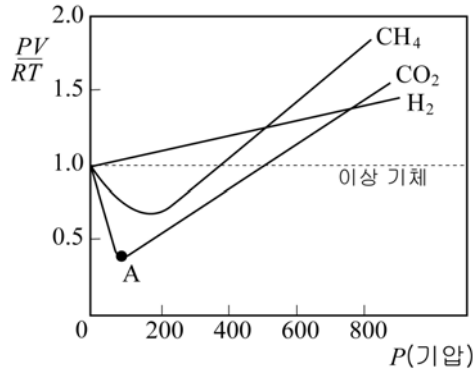
14. 그림과 같이 실온에서 용기 (가)에는 기체 A가 12몰, (나)에는 기체 B가 9몰 들어 있고, (다)는 비어 있다.



콕을 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.

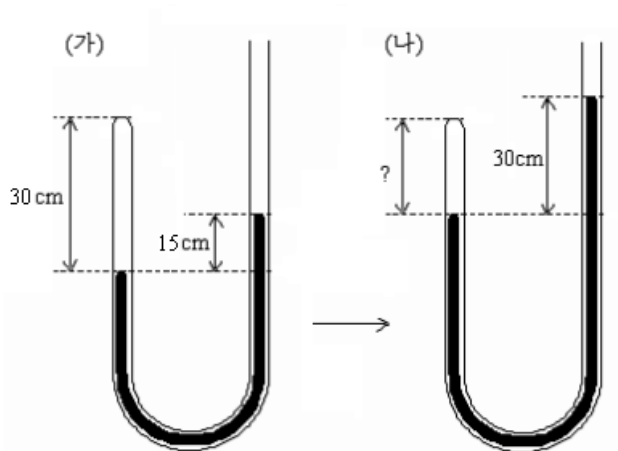
15. 다음 그래프는 273 K에서 몇 가지 기체 1몰의 압력  $P$ 에 따른 압축 인자( $z$ )  $\frac{PV}{RT}$  값의 변화를 나타낸 것이다.



위 자료에 대하여 옳은 것은?

- ①  $\text{CO}_2$  분자들 사이의 인력은 점 A에서 가장 크다.
- ②  $\text{H}_2$ 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. 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 이다.)



- 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( $\Delta U$ )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  $\Delta s$ 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( $\Delta H_f^\circ$ )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( $S^\circ$ )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  $\Delta H$ 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( $\Delta G_f^\circ$ )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.

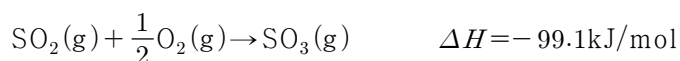
2. 다음은 열역학 및 에너지의 성질을 나열한 것이다 올바른 것만을 모두 고른 것은? [중앙대]

- 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. [전남대]

( $SO_2$  물질량=64.07g/mol)

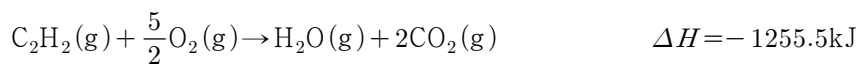


- ① -138kJ/mol              ② -149kJ/mol              ③ -168kJ/mol              ④ -115kJ/mol

4. 한 실린더가 진공인 우주에 놓여 있다. 실린더 내부에 있는 기체의 압력이 1기압이고 실린더 부피가 10L라 할 때, 잠금 장치를 풀어 실린더가 30L가 될 때 잠금 장치를 고정시켰다면 이 실린더의 피스톤이 외부에 대해 한 일은 얼마인가? (단, 온도는 일정하고,  $1 L \cdot atm = 101 J$ 으로 계산한다.)

- ① 0J                      ② 1010J                      ③ 2020J                      ④ 3030J

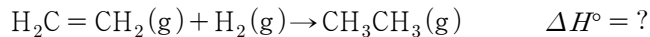
5. 금속 용접에 이용하는 아세틸렌과 산소의 반응은  $\Delta H = -1255.5 kJ$ 이다.



대기압에서 그 부피 변화가 -2.80L일 때 계에 가한 PV-일과 계의 내부 에너지 변화( $\Delta U$ )는 각각 얼마인가?

- ① 0.283kJ, -1255.8kJ                      ② -0.283kJ, -1255.8kJ  
③ 0.283kJ, -1255.2kJ                      ④ -0.283kJ, -1255.2kJ

6. 결합 해리 에너지를 이용해 에틸렌과 수소가 에테인을 만드는 다음 반응의 표준 반응 엔탈피  $\Delta H^\circ$  (kJ/mol)를 구하여라.



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

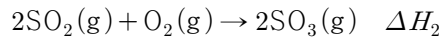
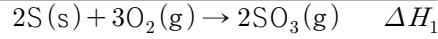
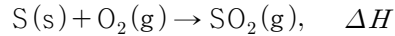
- ① 123kJ/mol                      ② -123kJ/mol                      ③ 287kJ/mol                      ④ -287kJ/mol

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

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

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

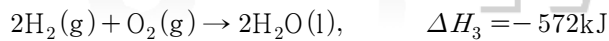
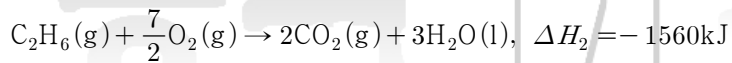
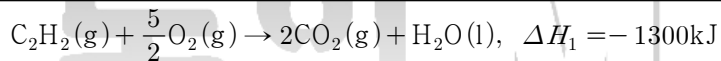
8. 다음은 이산화황( $\text{SO}_2$ )의 생성 반응과 몇 가지 화학 반응에 대한 열화학 반응식이다.



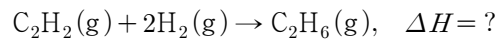
이 자료로부터  $\text{SO}_2(\text{g})$ 의 생성열( $\Delta H$ )을 구하는 식으로 옳은 것은?

- ①  $\frac{1}{2}(\Delta H_1 - \Delta H_2)$                       ②  $\frac{1}{2}(\Delta H_1 + \Delta H_2)$   
 ③  $\Delta H_1 - \Delta H_2$                       ④  $\Delta H_1 + \Delta H_2$   
 ⑤  $2(\Delta H_1 - \Delta H_2)$

9. 다음은 에타인( $\text{C}_2\text{H}_2$ )이 에테인( $\text{C}_2\text{H}_6$ )으로 되는 반응의 반응열을 구하기 위해 필요한 몇 가지 물질의 반응열을 나타낸 반응식이다.



위 반응식을 이용하여 다음 반응의 반응열( $\Delta H$ )을 옳게 구한 것은?



- ①  $-3432\text{kJ}$                       ②  $-312\text{kJ}$                       ③  $312\text{kJ}$   
 ④  $2288\text{kJ}$                       ⑤  $3432\text{kJ}$

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

- ①  $-90\text{kJ}$                       ②  $-30\text{kJ}$                       ③  $30\text{kJ}$                       ④  $90\text{kJ}$

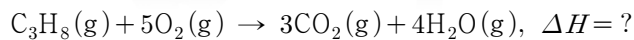
11. 22.0°C에서 벤젠의 비열은 1.75J/g · °C이다. 벤젠 40.0g에 80.0°C의 어떤 금속 10g을 넣고 열 평형에 이르렀을 때 온도가 25.0°C이다. 이 금속은 비열(J/g · °C)이 얼마인가?  
 ① 0.550                      ② 0.452                      ③ 0.382                      ④ 0.295

12. 물의 비열은 4.2J/g · °C이고, 스테인리스강의 비열은 0.50J/g · °C이다. 500g짜리 스테인리스강 용기에 물 450.0g을 넣은 후 25°C에서 물의 끓는점 100°C까지 가열하는 데 필요한 열을 구 하여라.  
 ①  $1.6 \times 10^5 \text{kJ}$               ②  $1.6 \times 10^3 \text{kJ}$               ③  $1.6 \times 10^2 \text{J}$               ④  $1.60 \times 10^5 \text{J}$

13. 다음은 몇 가지 물질의 생성열을 나타내는 열화학 반응식이다.



위 자료를 이용해 다음 반응의 엔탈피 변화( $\Delta H$ )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  $\Delta H = \Delta H_3 - \Delta H_1 - \Delta H_1$   
 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  $2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{C(s)} \rightarrow 4\text{Fe(s)} + 3\text{CO}_2(\text{g})$

