

화학실험 (004): 이산화탄소의 헨리상수 결과보고서

제출일 2023.03.30

담당 교수님: 이은성 교수님

담당 조교: 백승현 조교

공과대학 컴퓨터공학부

강명석 (2024-10387)

실험개요

이 실험에서는 헤스의법칙을 실험을 통해 확인한다. NaOH(s) 와 HCl(aq) 의 반응을 두 가지 경로로 일으킨 다음, 어떤 경로를 취하든 총 엔탈피 변화는 같다는 것을 보인다. 또한 헤스의 법칙을 이용해 MgO 의 생성엔탈피를 구하고, 실제 값과 비교한다.

실험1 Data & Result

0) 온도변화에 따른 엔탈피 변화

반응이 등압조건에서 일어났기 때문에, $q = \Delta H$ 가 성립하고, 열량계의 전체 비열 $C = \frac{q}{\Delta T}$ 이므로, $\Delta H = C\Delta T$ 라고 할 수 있다. 이것에 물과 비커의 비열 용량을 알고 있으므로, 수용액의 질량을 w_1 , 비커의 질량을 w_2 라고 한다면 식에 근거해 반응의 엔탈피 변화량을 알 수 있다.

$$\Delta H = q = (4.18w_1 + 0.85w_2)\Delta T$$

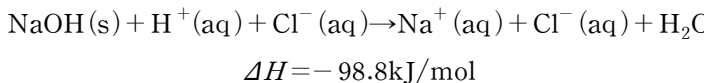
1) ΔH_1 측정

1M의 염산 100mL를 비커에 가하고, NaOH를 넣은 후 비커의 최고온도를 측정하였다. 반응 전 측정한 비커질량, 반응이 일어난 후의 총 비커 질량, 칭량종이의 질량, 초기온도와 최고온도, 그리고 수산화나트륨의 질량은 아래와 같다.

초기비커질량	99.8g	나중비커질량	205.62g	칭량종이질량	0.3g
초기온도	21.0°C	최고온도	40.5°C	NaOH질량	3.99g

온도변화가 19.5°C이므로, 반응에서 변화한 엔탈피는 9.88kJ임을 알 수 있다.

NaOH의 분자량은 40이므로, 이것은 NaOH 0.1mol이 반응했을 때의 엔탈피 변화이다. 이것을 고려해 아래 반응식의 엔탈피 변화량을 추측할 수 있다.

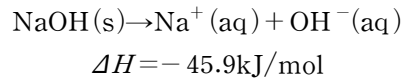


2) ΔH_2 측정

증류수 100mL를 비커에 가한 뒤 마찬가지로 NaOH 약 4g을 넣어 최고온도를 측정한다. 실험 1.1과 같은 물리량들을 측정해주었다.

초기비커질량	107.9g	나중비커질량	209.8g	칭량종이질량	0.14g
초기온도	19.5°C	최고온도	28.0°C	NaOH질량	4.03g

같은 식에 근거하여 엔탈피 변화량이 4.59kJ임을 알고, 이것은 NaOH 0.1mol과 반응했을 때의 엔탈피 변화이므로, 반응식의 엔탈피 변화량은 아래와 같다.

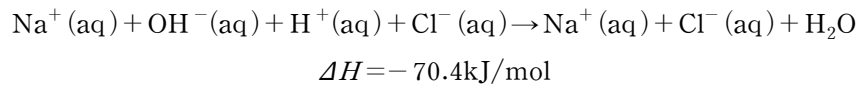


3) ΔH_3 측정

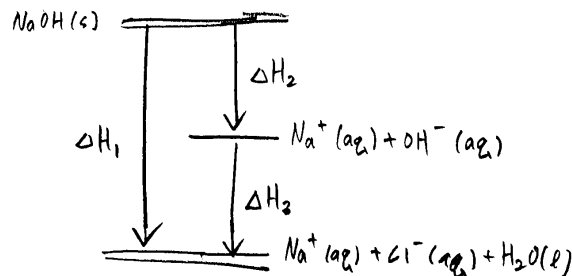
2M의 HCl 수용액 50mL과 2M NaOH 수용액 50mL을 한 데 섞은 뒤, 최고온도를 측정해주었다. 비커의 질량과 온도, 그리고 NaOH의 초기온도들을 측정해주었다.

초기비커질량	113.5	나중비커질량	217.8		
초기온도	19.5°C	최고온도	32.0°C	NaOH온도	19.8°C

식에 근거해 엔탈피 변화량이 7.04kJ임을 알고, 이것은 마찬가지로 NaOH 0.1mol이 반응했을 때의 엔탈피 변화이므로, 반응식의 엔탈피 변화량은 아래와 같다.



4) 헤스의 법칙 확인



상단 그림과 같이, 반응 1은 반응 2와 반응 3을 합한 것과 같다.

반응 1의 엔탈피 변화는 몰당 -98.8kJ이고, 반응2와 반응 3의 엔탈피 변화는 몰당 -116.3kJ이다. 두 반응이 서로 유사한 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

$$\Delta H_1 = -98.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_2 + \Delta H_3 = -116.3 \text{ kJ/mol}$$

실험2 Data & result

0) 온도변화에 따른 엔탈피 변화

같은 비커로 같은 열량계를 구성해주었기 때문에, 실험1과 마찬가지로 용액의 질량 w_1 과 비커의 질량 w_2 , 온도변화 ΔT 가 주어지면 반응에 의한 엔탈피 변화를 알 수 있다.

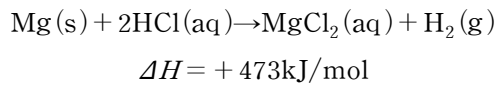
$$\Delta H = q = (4.18w_1 + 0.85w_2)\Delta T$$

1) ΔH_1 측정

1M HCl용액 100mL를 비커에 가한 뒤, 초기온도를 측정하고 Mg turning 0.60g을 용액에 넣어주었다. 비커의 초기질량, 반응이 일어난 뒤 총 비커 질량을 0.1g 단위로 측정하였다.

초기비커질량	107.9g	나중비커질량	209.8g
초기온도	20.0°C	최고온도	42.0°C

식을 이용해 알아낸 엔탈피 변화량은 11.8kJ 이다. 이것이 Mg 0.6g, 0.025mol에 대응되는 양이 반응하여 나타난 것이므로, 반응의 엔탈피 변화량은 아래와 같다.

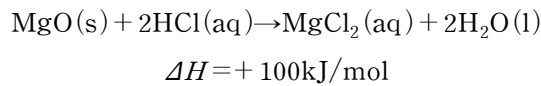


2) ΔH_2 측정

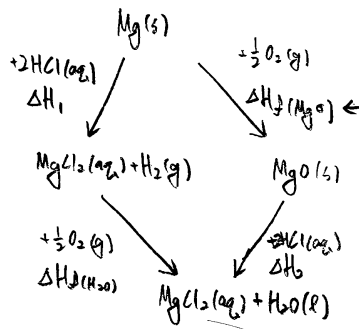
같은 과정을 반복한다. 다만, 이때 Mg 0.60g 대신 MgO 1.00g을 비커에 넣는다. MgO를 비커에 가할 때, 칭량종이의 무게는 쟀 다음 MgO와 함께 넣는다.

초기비커질량	99.8	나중비커질량	202.4	칭량종이	0.25g
초기온도	21.0°C	최고온도	26.0°C	MgO	1.00g

마찬가지로 같은 식을 이용해 알아낸 엔탈피 변화량은 2.52kJ이다. 이것이 MgO 0.025mol이 반응하여 나타난 것이므로, 반응의 엔탈피 변화량을 결정할 수 있다.



3) MgO의 생성엔탈피 계산



두 엔탈피 변화량과 물의 생성엔탈피를 이용하여 MgO의 생성엔탈피를 계산할 수 있다. 옆 그림을 참조하여 고체 MgO의 생성엔탈피를 계산한다. 생성엔탈피는 고체 Mg와 산소분자가 결합하여 MgO가 형성될 때의 엔탈피 변화이다.

$$\Delta H_{f(\text{MgO})} = \Delta H_1 + \Delta E_{f(\text{H}_2\text{O})} - \Delta H_2 = +87\text{kJ/mol}$$

Discussion

실험1에서 두 가지 경로의 총 엔탈피 변화 그리고 실험2에서 구한 MgO의 생성 엔탈피와 실제 생성엔탈피가 서로 유사한 값을 가지기는 했으나, 완벽히 같은 값을 가지지 못한 것을 확인할 수 있다. 오차의 원인은 여러가지가 있을 수 있다. 그 중 꼽을 수 있는 대표적인 오차로는 열량계가 완전히 단열이 아닌 것이 있다. 열량계가 완벽하게 단열이지 않기 때문에, 반응에서 빠져나가는 열이 있을 것이고, 이에 오차가 발생할 수 있다. 또한 물질의 용해나, 반응의 완결을 온도계의 온도가 오르는지 여부로 판단했기 때문에, 반응이 완결되지 않았을 수 있는 가능성 또한 주된 오차원인 중 하나로 꼽을 수 있다. 이것들을 포함한 여러 오차가 종합되어 해당 오차가 발생했을 것이다.

Assignment 1

- a) 단계 1과 단계3에서, NaOH의 흡습성에 의한 오차가 발생한다.
- b) NaOH 고체는 공기중의 수분을 흡수해 녹아버리는 성질을 가지고 있다. 이것은 질량을 측정할 때 흡수한 수분까지 질량에 포함되게 하여 오차를 만들고, 수산화나트륨이 사전에 용해되게 해 엔탈피 변화에 오차를 만든다.
- c) 오차를 줄일 수 있는 방안 가장 간단한 방법으로는 비커를 저울 가까이에 둔 뒤, 수산화나트륨의 무게를 잰 직후 수산화나트륨을 비커에 넣어 그것이 공기중 수분과 접촉할 시간을 줄이는 것이 있다. 다른 방안으로는, 제습기를 사용하여 공기 중 수분을 제거하는 방법이 있다.

Assignment 2

(1)

기체 탄소원자의 생성엔탈피와 결합에너지를 참조하여 각 화합물들의 생성엔탈피를 구할 수 있다.

$$\text{C}_2\text{H}_4: (2 \times 717 + 2 \times 436) - (+682 + 4 \times 427) = -84 \text{ J/mol}$$

$$\text{CH}_2\text{O}: (0.5 \times 498 + 717 + 436) - (+732 + 2 \times 427) = -180 \text{ J/mol}$$

(2)

어떤 반응식의 반응엔탈피는, 생성물의 생성엔탈피 합에 반응물의 생성엔탈피의 합을 빼어 구할 수 있다. 문제 1에서 두 탄소화합물의 생성엔탈피를 구했으므로, 이것에 근거해 반응A의 반응엔탈피를 계산할 수 있다.

$$\text{반응엔탈피: } (2 \times H_{f, \text{CH}_2\text{O}} - 350) - (H_{f, \text{C}_2\text{H}_4} + +143 + 0) = -799 \text{ J/mol}$$

Reference

Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laveman 『화학의 원리(제7판)』, 김관, 김병문, 이상엽, 정두수, 정영근, 자유아카데미, 2018
김희준, 『일반화학실험』, 자유아카데미, 2010, 103~111p

실험 랩노트

[실험 1]

1) ΔH_1

비커질량: 99.8g
초기 온도: 21.0°C
→ 21.0°C.

비커질량: 205.62g
최고 온도: 40.5°C.

칼랑종이: 0.3g
NaOH 질량: 0.399g

2) ΔH_2

비커질량: 107.9g
초기 온도: 19.5°C

비커질량: 210.17g
최고 온도: 28.0°C.

칼랑종이: 0.14
NaOH 질량: 4.63

3) ΔH_3

비커질량: 113.5g
초기 온도: 19.5°C
(HCl)

비커질량: 217.8g
최고 온도: 32.0°C.

~~칼랑종이~~
초기 온도: 19.8°C
(NaOH)

[실험 2]

1) ΔH_1

비커질량: 107.9g
초기 온도: 20.0°C.

비커질량: 209.8g
최고 온도: 42.0°C.

~~칼랑종이~~

2) ΔH_2

비커질량: 99.8g
초기 온도: 21.0°C.

비커질량: 202.4g
최고 온도: 26.0°C.

칼랑종이: 0.25g
MgO: 1.00g.