

화학실험 (004): 색소의 분리와 흡광 분석

결과보고서

제출일 2023.03.23

담당 교수님: 이은성 교수님

담당 조교: 백승현 조교

공과대학 컴퓨터공학부

강명석 (2024-10387)

실험개요

이상기체상태방정식을 이용하여 이산화탄소의 분자량을 구하는 실험을 진행하였다. 플라스크의 처음 질량을 잰 후, 드라이아이스를 플라스크 안에 넣어 모두 기화시킨다. 기화가 모두 진행된 후, 20초 간격으로 플라스크의 질량을 측정한다. 측정은 10분까지 진행한다. 플라스크에 물을 모두 가득 담은 후 실린더에 옮겨 담아 플라스크의 부피를 구하고, 앞서 구한 질량과 부피에 이상기체상태방정식을 활용하여 이산화탄소의 분자량을 결정한다. 또한 타이콘 튜브에 드라이아이스를 넣고 밀봉하여 드라이아이스가 액화하는 현상의 관측을 시도하였다.

배경이론

1) 반데르발스 이상기체상태방정식

반데르발스 이상기체 상태방정식은 상호작용이 없고, 부피를 차지하지 않는 이상기체를 상정하였을 때, 그 이상기체의 부피, 압력, 온도, 양 간의 상관관계를 나타낸 식이다. 방정식에 따르면, 기체의 부피가 V L, 압력이 P atm, 온도가 T K, 양이 n mol일 때, 이 넷 사이에는 아래 상관관계가 성립한다.

$$PV = nRT$$

이때 R 은 기체상수로써, 0.082의 값을 가지고 atm · L/mol · K단위를 찾는다.

실험1 Data & Result

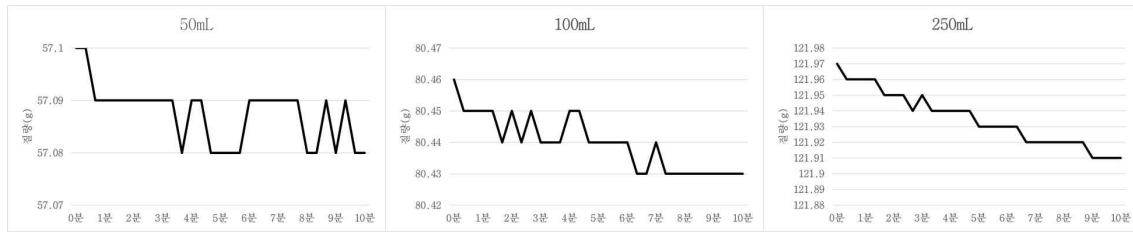
1) 무게측정

50mL, 100mL, 250mL 부피플라스크에 대해 실험을 진행하였다. 각 플라스크마다 플라스크와 유리판의 처음 질량 M_{air} , 전체 부피 V , 플라스크 내부 온도 T 를 측정하였다. 또한 드라이아이스를 플라스크에 넣어 모두 기화된 직후에 플라스크와 유리판의 질량 M_{CO_2} 을 측정하였다. 온도의 경우, 측정한 섭씨 온도값에 273을 더해 온도 T 를 K단위로 표현하였다. 측정된 값은 아래 표와 같다.

	50mL 플라스크	100mL 플라스크	250mL 플라스크
M_{air} (g)	57.06	80.38	121.79
M_{CO_2} (g)	57.10	30.46	121.97
V (mL)	62	128.5	300
T (°C)	292	292	292

드라이아이스를 기화시킨 후 측정한 질량의 변화는 아래 그래프와 같다. 20초 간격으로 10분까지 무게를 측정하였다. 50mL 플라스크의 경우, 유리판을 제외한 무게를 잰 뒤 유리판의 무

계를 더해 값을 구하였다.



2) 공기, 이산화탄소의 질량 계산

$PV = \left(\frac{m}{w}\right)RT$ 를 활용해 이산화탄소의 분자량 w 를 계산할 수 있다. 먼저 공기의 평균분자량 w_{air} 를 구한다. 공기는 78%의 N_2 분자, 21%의 O_2 분자, 그리고 1%의 Ar 분자로 이루어져 있는 것을 이미 알고 있으므로, 이것에 근거해 w_{air} 를 계산할 수 있다.

$$w_{air} = 0.78 \cdot 32 + 0.21 \cdot 28 + 0.01 \cdot 40 = 31$$

$m = \frac{wPV}{RT}$ 를 활용하여 처음 상태의 50mL, 100mL 그리고 250mL 플라스크에 있던 공기입자의 질량을 구할 수 있다.

$$m_{air,50} = \frac{(31g/mol) \cdot 1atm \cdot 0.062L}{(0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K} = 8.027 \times 10^{-2}(g)$$

$$m_{air,100} = \frac{(31g/mol) \cdot 1atm \cdot 0.1285L}{(0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K} = 1.664 \times 10^{-1}(g)$$

$$m_{air,250} = \frac{(31g/mol) \cdot 1atm \cdot 0.300L}{(0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K} = 3.884 \times 10^{-1}(g)$$

이산화탄소로 가득 차 있는 플라스크의 총질량을 M_{CO_2} , 공기로 가득 차 있는 플라스크의 총질량을 M_{air} 라고 했다. 이때 플라스크에 차 있는 이산화탄소의 자체만의 질량 m_{CO_2} 은 $m_{CO_2} = m_{air} + (M_{CO_2} - M_{air})$ 로 구할 수 있다. 식에 근거하여 구한 50mL, 100mL 그리고 250mL 플라스크에 담겨있는 이산화탄소의 질량은 아래 표와 같다.

	50mL	100mL	250mL
m_{CO_2}	1.203×10^{-1}	2.264×10^{-1}	5.684×10^{-1}

3) 이산화탄소 분자량 계산

플라스크마다 이산화탄소의 질량을 알고 있으므로, 이상기체상태방정식에서 $w = \frac{mRT}{PV}$ 를 유도하여 이산화탄소의 분자량 w 를 계산할 수 있다.

$$w_{CO_2,50} = \frac{0.1203g \cdot (0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K}{0.062L \cdot 1atm} = 46(g/mol)$$

$$w_{CO_2,100} = \frac{0.2264g \cdot (0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K}{0.1285L \cdot 1atm} = 42(g/mol)$$

$$w_{CO_2,250} = \frac{0.5684g \cdot (0.082atm \cdot L/mol \cdot K) \cdot 292K}{0.300L \cdot 1atm} = 45(g/mol)$$

세 분자량 값의 산술평균값이 44이므로, 이산화탄소의 분자량은 약44(g/mol)라고 결론지을 수 있다.

실험2 Data & result

1) 액체 이산화탄소 관찰시도

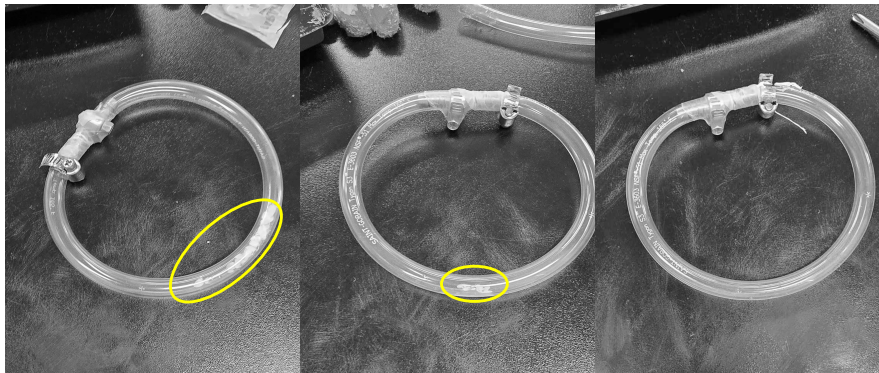
타이곤 튜브의 한쪽을 밀봉하고 드라이아이스를 튜브의 3cm 정도가 차도록 넣은 후, 양 끝을 연결하여 파라필름을 사용해 밀봉하였다. 밀봉한 후, 기화가 잘 일어나도록 타이곤 튜브를 문지르거나, 손으로 잡고 있었다.

수 분 내로 기화가 모두 일어났으나, 손으로 눌렀을 때 튜브가 잘 들어갔고 액체 이산화탄소가 관찰되지는 않았다.



2) 액체 이산화탄소 관찰 재시도

관찰이 성공적으로 되지 않아 실험을 재시도해보았다. 타이곤 튜브의 한쪽을 밀봉하고 드라이아이스를 튜브의 6cm 정도가 차도록 넣은 후, 앞선 실험과 같이 양 끝을 연결하여 밀봉하였다. 기화가 거의 다 될 때까지 액화현상을 관찰할 수는 없었으며, 소량 액화가 일어난 것 같아 보이기도 하였으나 최종적으로는 드라이아이스가 모두 기화하여 액체 이산화탄소를 관찰할 수 없었다. 밀봉을 해제할때, 압이 새는 소리가 들렸지만 이산화탄소가 눈에 보일 만큼 고체로 승화하지는 않았다.



Discussion

세 플라스크에서 구한 이산화탄소의 분자량이 모두 비슷한 값을 가지는 것을 확인하였다. 이것을 통해 이산화탄소가 일정한 분자량을 가질 것임을 예측할 수 있었다. 이것은 부피가 편하여도 이산화탄소 입자의 화학적 성질은 변화하지 않기 때문이다. 그러나 각각의 실험에서 CO₂의 mL당 질량과, 분자량이 완전히 같지는 않은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 현상의 원인으로는 유리판을 덮는 시점의 부정확함, 완전히 건조되지 못한 실린더가 있을 수 있으며, 이를 포함한 다양한 원인들이 종합되어 오차가 나타났을 것이다.

유리판을 내려놓았을 때, 이산화탄소가 플라스크에서 공기 중으로 확산되어 플라스크의 총 무게는 감소하는 양상을 보였다. 그러나 가끔씩 질량이 0.01g 정도 증가하는 현상을 확인할 수 있었다. 현상이 발생한 원인은 다양할 수 있으나, 실험실에 있었던 공기흐름, 탁자의 진동 등을 주된 원인으로 지목할 수 있다.

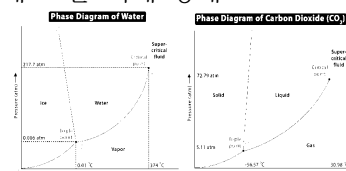
타이곤 튜브에 드라이아이스를 넣어 액화현상을 관찰하려 하였으나 관찰에 실패하였다. 관찰의 실패 원인으로는 여러가지가 있을 수 있다. 먼저 이산화탄소의 액화에는 5.1기압의 높은

기압이 필요하므로 이 조건을 만족하기 위해 튜브에 상당히 많은 양의 이산화탄소를 넣어 기화시켜야 한다. 타이곤 튜브가 다른 조의 것보다 더 길었음에도 불구하고 이것을 고려하지 못해 일반적인 양의 이산화탄소를 넣은 것이 실패 원인 중 한 가지가 될 수 있다. 또한 재결한 튜브를 다시 해제할 때, 압력이 새는 소리는 들렸으나 이산화탄소의 승화 현상은 관찰할 수 없었다는 점에서 밀봉이 제대로 안 되었을 가능성이 존재한다. 마찬가지로 밀봉이 제대로 되지 않았을 경우 충분히 높은 압력이 형성되기 어렵기 때문에, 실패 원인이 될 수 있다. 더 많은 양의 드라이아이스를 활용하여 재실험을 진행하면 드라이아이스 액화 현상을 관찰할 수 있었을 것이라고 생각된다.

Assignment 1

물의 상평형 그림에서 확인할 점은 융해곡선이 음의 기울기를 가진다는 점이다. 이것은 얼음에 압력을 가해주면, 물로 융해되는 성질을 잘 보여준다. 이 성질로 인해 미끌거리는 얼음의 특성이 나타나기도 한다.

이산화탄소의 상평형 그림에서 확인할 점은 삼중점의 압력이 1기압보다 더 높은 5.1기압에서 형성되고 있다는 점이다. 이것은 상압에서 이산화탄소는 항상 고체 또는 기체 상태로 존재함을 뜻하고, 이로 인해 드라이아이스의 승화성이 나타난다.



Assignment 2

(1)

H_2O 1mol의 무게는 18.02g이고, $V = m/\rho$ 에 근거하여 계산한 물 1mol의 부피는 19.59cm^3 이다. 따라서 얼음 한 분자가 차지하는 평균 부피 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ 를 계산할 수 있다.

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m/\rho}{N_A} = \frac{19.59\text{cm}^3}{6.022 \times 10^{23}} = 3.253 \times 10^{-23}\text{cm}^3$$

물과 마찬가지로 한 분자의 CO_2 가 차지하는 부피를 구할 수 있다. CO_2 1mol의 무게는 44.01g이고 이것의 부피는 28.21cm^3 이다. 이에 따라 이산화탄소 한 분자가 차지하는 평균 부피를 V_{CO_2} 라고 한다면

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{m/\rho}{N_A} = \frac{28.21\text{cm}^3}{6.022 \times 10^{23}} = 4.684 \times 10^{-23}\text{cm}^3$$

(2)

한 분자가 차지하는 부피를 (1)에서 구했으므로 이것에 삼제곱근을 하여 물분자, 이산화탄소 분자에 1차원적으로 허용되는 평균거리 $x_{\text{H}_2\text{O}}$, x_{CO_2} 를 구할 수 있다.

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \sqrt[3]{V_{\text{H}_2\text{O}}} = 3.192 \times 10^{-8}\text{cm}$$

$$x_{\text{CO}_2} = \sqrt[3]{V_{\text{CO}_2}} = 3.605 \times 10^{-8}\text{cm}$$

Reference

김희준, 『일반화학실험』, 자유아카데미, 2010, 21~25p

Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laveman 『화학의 원리(제7판)』, 김관, 김병문, 이상엽, 정두수, 정영근, 자유아카데미, 2018, 159~165p, 186~188p

Chemistry Learner, 「Phase Diagram」, Chemistry Learner,

<https://www.chemistrylearner.com/phase-diagram.html>

실험 랩노트

24. 03. 19

이산화탄소의 부피량 랩노트

[실험 1]

50mL 62mL 100mL 250mL
 초기값 57.06g 초기값 80.36g 초기값 121.79g
 부피 ~~128.5mL~~ 128.5mL 300mL
 온도 19°C 19°C 19°C

45.75	01	80.46	62	121.97g
1'30 45.74		80.45		
1'50 45.73		80.45	↑ 62	110.63
2' 45.74	1"	80.45	↑ 202	110.62
3'40 45.73		80.44	↑ 40"	110.62
4 45.74			1'00"	110.62
45.74	1'40"	80.45	1'20"	110.62
5'40 45.73	2"	80.44	1'40"	110.61
6' 45.74		80.45	2'00"	110.61
6'20 45.74		80.44	2'20"	110.61
7 74	3"	80.44	2'40"	110.60
		80.44	3'00"	110.61
7' 74		80.45	3'20"	110.60
7'20 78	4"	80.45	3'40"	110.60
7'40 74		80.44	4'	110.60
8' 73		80.44		110.60
8'20 73	5"	80.44		110.60
8'40 74		80.44	5'	110.59
9' 73	6"	80.43		110.59
9'20 74		80.43		110.59
		80.44	6'	59
	7"	80.43		59
		80.43		58
	8"	80.43	7'	58
		80.43		58
	9"	80.43	8'	58
		80.43	9'	57
		80.43		57
		80.43		58
	6			

김진성 조교