

화학실험 (004): 이산화 탄소의 분자량 예비보고서

제출일: 2023.03.16

담당 교수님: 이은성 교수님

담당 조교: 백승현 조교

공과대학 컴퓨터공학부

강명석 (2024-10387)

실험목표

이 실험은 이산화 탄소의 분자량을 결정한다. 플라스크를 1기압의 이산화 탄소로 채웠을 때, 채워진 이산화 탄소의 질량 그리고 플라스크의 부피를 이용해 분자량은 계산한다. 이때 플라스크에 이산화탄소를 채우는 과정에서 드라이아이스가 사용되며, 일정한 부피에 들어있는 이산화 탄소의 몰 수를 정하는 데는 아보가드로 원리 그리고 분자량을 계산하는 데는 이상기체 상태방정식이 사용된다. 이것에 더해 5.1기압 이상의 고압에서 고체 상태의 이산화탄소가 액화하는 것을 관찰한다. 이때 타이콘 튜브를 사용한다.

실험배경

1) 아보가드로 법칙

아보가드로 법칙은 기체의 몰수와 부피에 관련되어있는 법칙이다. 아보가드로 법칙에 따르면, 같은 온도, 같은 압력이라는 조건이 주어질 때, 같은 부피를 차지하고 있는 기체의 입자 수는 기체의 종류에 상관없이 같다. 다시 말해 등온, 등압 조건에서 기체의 몰 부피 $V_m = V/n$ 은 기체의 종류에 무관하게 같다. 0°C , 1atm 에서 $V_m = 22\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 이다.

2) 이상기체상태방정식과 반데르발스방정식

이상기체 상태 방정식은 보일의 법칙, 샤를의 법칙 그리고 아보가드로 법칙을 하나로 정리한 법칙이다. 각각은 다른 값들이 일정한 상황이라면 부피가 압력에 반비례한다는 것, 부피가 절대온도에 비례한다는 것, 부피는 기체의 몰 수에 비례한다는 것을 나타낸다. 이상기체 상태방정식에 따르면, 이상기체에 대해 $PV = nRT$ 가 성립한다. 이때 P 는 압력, V 는 부피, n 은 기체의 몰 수, T 는 기체의 온도이며 R 은 기체 상수로 그 값은 약 $8.205 \times 10^{-2} (\text{L atm} / \text{K mol})$ 이다.

이상기체는 기체의 상태를 예측하는 데 도움을 주지만 기체의 상호작용이 활발한 상황에서는 이상기체와 실제기체에는 상당한 차이가 나타나게 된다. 이에 실제기체의 상태를 더 정확히 나타내기 위해 반데르발스 방정식이 고안되었다.

$$\left(P + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

이때 a 는 분자 사이의 인력의 세기를, b 는 분자 사이의 반발력의 세기를 보여준다. 극성일수록 a 값이 높으며, 기체 입자의 크기가 클수록 b 값이 증가하게 된다.

3) 상도표

상도표는 특정한 물질이 어떤 온도와 압력 조건에서 어떤 상으로 존재하고 있는지를 나타내는 도표이다. 액체, 기체, 고체 세 부분으로 나누어져 있으며 세 부분은 각각 승화곡선, 융해곡선, 증기 압력 곡선으로 이루어져 있다. 드라이아이스의 경우 세 곡선이 만나는 점이 5.11atm에 위치하여 액체 상태로 존재하기 위해서는 최소 5.11기압의 높은 압력 필요하다. 이에 실험에서는 고압을 버틸 수 있는 타이곤 튜브와 조임새 등을 활용해 실험2를 진행한다.

실험 준비물

드라이 아이스, 전자저울, 타이곤 튜브, 50, 100, 250mL 삼각 플라스크, 철 조임새 두 개, 니플, 망치, 십자 드라이버, 유리판, 약수저, 메스실린더, 온도계, 스탠드, 깔때기, 파라필름, 테플론 테이프, 목장갑

실험과정

1) 이산화 탄소의 분자량 측정

비어있는 플라스크의 입구를 유리판으로 막는다. 이후 유리판과 플라스크의 무게를 측정한다. 유리판을 내리고, 드라이 아이스를 플라스크에 넣는다. 드라이 아이스가 모두 사질 때까지 충분히 기다린 후, 플라스크 겉면에 응결된 수분을 닦아준다. 다시 플라스크를 유리판으로 덮는 후, 이전과 같이 플라스크의 무게를 측정한다. 무게를 기록한 후에는 유리판을 열어 감소하는 무게값을 20초 단위로 기록한다. 차 있던 이산화 탄소의 상태를 알기 위해 온도계와 메스실린더를 사용해 플라스크의 온도, 부피를 측정한다. 시간 여유가 있을 경우 다른 크기의 플라스크에 대해서도 같은 실험을 진행해본다.

2) 액체 이산화 탄소의 관찰

조임새와 타이곤 튜브를 준비한다. 조임새를 튜브에 매우 강하게 고정하고 한 쪽만 막는다. 막히지 않은 쪽으로 적정량의 드라이 아이스를 튜브 안으로 넣어준다. 이후 막히지 않은 쪽의 조임새도 막아준다. 혹시 가스가 쉼 경우를 대비해서, 양 끝이 마주보도록 튜브를 구부리고, 파라필름으로 끝을 감싼다. 충분히 기다린 후 드라이 아이스의 액화 현상을 관찰한다. 이후 막혀있던 조임새를 조금 풀어 압력을 낮춰보고, 이때 어떤 변화가 일어나는 지 관찰한다.

유의사항

유리기구를 사용할 경우, 사용하기 전에는 유리기구에 오염이나 손상이 있는 지 확인한다. 시약을 다룰 때 보호장갑/보호의/보안경/안면보호구를 착용한다. 드라이아이스는 고체로 존재하기 위해서 적어도 -78.8의 매우 낮은 온도를 가지므로 드라이아이스를 다룰 때에는 맨손에 닿지 않게 하고 목장갑을 착용하는 것이 좋다.

참고문헌

김희준, 『일반화학실험』, 자유아카데미, 2010, 21~25p
안전보건공단, “MSDS검색”, 안전보건공단 화학물질정보, 2017.12.20,
<https://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/kcic/msdsdetail.do#>
Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laveman 『화학의 원리(제7판)』, 김관, 김병문, 이상엽, 정두수, 정영근, 자유아카데미, 2018, 159~165p, 186~188p