**1. Title**

질량 측정과 액체 옮기기(Measuring Weight and Volume)

**2. Purpose**

저울 사용법과 액체를 옮기는 기구의 사용법을 익히고, 실험 데이터의 처리 및 불확정도 추정 방법 등을 배운다.

**3. Theory**

1. 측정(measurement)

화학 실험에서 가장 기본이 되는 물리적 양은 질량과 부피이다.

질량(Mass)은 흔히 우리가 잘 알고 있는 Mass와 무게로 번역되는 Weight가 있다.

Mass는 물체가 힘과 가속도를 연관짓는 물리적 특성이고 단위는 주로 Kg를 사용한다, 무게는 이 물체에 작용하는 알짜힘(중력)으로 단위는 주로 N을 사용하나, 지금은 물리 실험을 하는 것이 아닌 화학으로써 물체의 특성을 원하기 때문에 Mass와 Weight를 상호 교환적으로 사용한다.

부피(volume)는 물체가 차지하는 공간으로, 단위는 주로 mL, L 또는 cm^3, m^3을 사용한다.

부피는 눈금 피펫, 부피 피펫, 뷰렛, 눈금 실린더, 부피 플라스크 등을 사용해서 측정한다. 눈금 피펫과 부피 피펫은 정확한 양의 액체를 취해 다른 용기에 옮기는 데 사용된다. 뷰렛은 주로 적정할 때 쓴다. 눈금 실린더는 그 안에 담 긴 용액을 다른 용기로 옮길 때 약간의 용액이 실린더에 남게 되어 정확한 부피를 측정할 수는 없다. 부피 플라스크 는 용질을 녹여 일정한 부피의 용액을 만드는 데 유용하다.

1. 저울

저울은 측정 용량과 정밀도에 따라 다양한 형태가 있다. 일반적으로 화학 실험에서는 수백 그램

단위의 용량을 주로 측정하고, 측정의 정밀도가 10mg(0.01g)에서 0.1mg(0.0001g)인 저울을 사용한다. 매우 민감하므로 저울에 방풍커버를 씌워 사용한다.

<저울 사용법>

1. 저울이 수평이 되도록 놓는다.

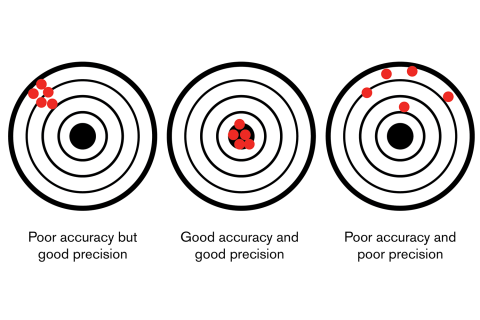
2. 영점 보정 버튼(Tare)을 눌러 영점을 확인한다.

3. 저울의 접시에 시약이 떨어지지 않도록 조심하여, 시약을 떨어뜨린 다. (거름종이 이용)

4. 저울에 숫자가 3초간 머물러있는 질량을 읽고, 노트에 옮겨 적는다

1. 측정에서의 정확도(accuracy)와 정밀도(precision)

정확도(accuracy)란 측정값이 참값에 얼마나 근접하고 있는가를 나타내고, 정밀도(precision)란 같은 양을 여러 번 측정하였을 때 이들 측정값이 얼마나 서로 비슷한 지를 나타낸다. 즉, 정밀도는 여러 번 측정하였을 때 측정값들이 비슷한 정도를 나타낸다.



위 그림은 두 가지 종류의 오차를 다트판에 비유해 설명하고 있다. 우연 오차(random error)는 측정값이 크거나 작게 나타날 확률이 같은 오차이다. 두 번째 오차로는 계통 오차(systemic error)가 있다. 이 오차는 이 오차는 항상 같은 방향으로 일어난다.

왼쪽의 다트판은 계통 오차는 크나 우연 오차가 없는 경우를, 오른쪽의 다트판은 우연 오차는 크나 계통 오차가 없는 경우이다.

1. 용해도(solubility)

용해도는 용매가 용질에 포화 상태까지 녹는 최대의 한도로, 주로 용매 100g에 포화 상태까지 용해되는 용질의 그램(g)수를 말한다.

이러한 용해도는 용질과 용매의 성질, 온도, 압력의 영향을 받는다.

극성 물질은 주로 극성 물질끼리, 비극성 물질은 주로 비극성 물질끼리 잘 섞이는 경향이 있고, 온도가 높아질수록 대부분의 고체는 용해도가 높아지며, 기체는 낮아진다. 또 압력이 높아지면 주로 기체의 용해도가 높아진다.

1. 녹는점(melting point)

녹는점이란 물질의 상태 변화 과정에서 고체에서 기체로 상전이 하는 온도를 말하고, 반대의 상태변화가 일어나는 경우에는 어는점이라고도 한다. 끓는점은 기체가 액체로 상전이 하기 때문에 압력이 증가할수록 올라가지만. 고체는 압력에 큰 영향을 받지 않기 때문에 녹는점은 주로 압력에 영향을 받지 않는다.

1. 밀도(density)

밀도란 물질의 단위 부피 당 질량을 말하며, 단위는 g/mL, kg/L 또는 g/cm^3을 사용한다. 액체나 기체는 부피가 온도에 영향을 크게 받으므로 온도와 같이 표기하는 것이 일반적이다. 온도를 표기하지 않은 밀도는 상온인 섭씨 25로 가정한다.

1. 불확정도(uncertainty)

불확정도란 측정 장비의 보정이 잘못되었거나, 실험자가 미숙할 때 생기는 측정값의 오차이다.

또한, 실험 자체의 한계로 인해 어쩔 수 없이 생기는 불확정도도 있는데, 이렇게 생기는 불확정도는 여러 번 실험을 반복하여 평균을 내어 해결 할 수 있다.

이론 상 실험을 무한히 반복하면 평균값에 가까워지지만, 그렇게 할 수 없기 때문에 통계적 방법을 사용하는데, 방법은 아래와 같다.

불확정도 𝜎는 N번 실험을 반복했을 때 아래의 식과 같이 구할 수 있다.

𝜎=√(𝛴(측정값-평균값)^2 / N-1).

실험 결과를 나타낼 때는 여러 차례 반복한 실험의 평균값과 그 값의 신뢰 수준 또는 불확정도의 범위를 함께 제시하는 것이 바람직하다.

**4. Chemicals&Apparatus**

A. 실험 기구

저울:측정용량 2100g, 정밀도 0.01g

피펫:0.01mL 눈금의 스포이드식 피펫

뷰렛

눈금 실린더:0.2mL의 눈금

비커

시험관

녹는점 측정기

B. 시약

증류수

Biphenyl

Acetamide

Ethanol

n-Hexane

MC

알루미늄

**5. Procedure**

Procedure: A. 무게 측정

1) 사용할 저울의 제조회사와 모델, 측정용량 (최대 측정 무게), 정밀도를 조사하고 결과에 적는다.

2) 저울의 올바른 사용법을 익힌다..

Procedure: B. 피펫을 이용한 액체의 이동

1) 저울 위에 비커를 올려두고 무게를 측정한다.

2) 고무 채우게로 피펫의 가장 위쪽 눈금 위까지 증류수를 채운다. (채울 때 공기가 빨려 들어가지 않게 피펫의 끝이 용액 속에 잠겨있어야 하며, 빨개 속으로 용액 이 들어가지 않도록 주의)

3) 저울 위에 놓인 비커에 10 mL의 증류수를 피펫으로부터 정확하게 옮기고 무게를 측정한다.

4) 위의 (2-3)과정을 3 회 반복하되, 비커를 비우지 말고 계속 누적시키면서 매회 측정한다.

5) 물의 밀도를 이용하여 피펫으로 옮긴 증류수 부피의 평균값과 표준편차를 구한다.

Procedure: C. 눈금 실린더를 이용한 액체의 이동

1) 눈금 실린더의 안쪽 벽면에 물방울이 생기지 않도록 깨끗이 씻고 증류수로 헹군다.

2) 10 mL의 증류수를 눈금실린더에 채운 다음 실험 B와 같은 방법으 로 저울 위에 놓인 비커에 옮기고 무게를 측정한다.

3) 총 3 회 반복하고, 물의 밀도를 이용하여 실린더로 옮긴 증류수 부 피의 평균값과 표준편차를 구한다. 단, 실시할 때마다 비커를 헹구 지 않고 누적해서 계속 실시한다.

Procedure: D. 뷰렛을 이용한 액체의 이동

1) 깨끗하게 증류수로 헹군 뷰렛에 30 mL 눈금까지 증류수를 채운다. 공기 방울이 생길 경우 코크를 열어 공기를 빼낸다.

2) 약 10 mL의 증류수를 실험 B와 같은 방법으로 빼내어 무게를 잰다. 눈금을 정확히 읽는다. (측정 후 뷰렛을 비운다.)

3) 총 3 회 반복하여 증류수의 평균 밀도와 표준편차를 구한다. 단, 실 시할 때마다 비커를 헹구지 않고 누적해서 계속 실시한다.

Procedure: E. 화합물의 용해도 확인

1) 시료 A를 spatula를 사용하여 시험관에 ¼ spoon 넣는다.

2) 3 가지 용매 (물, Ethanol, Hexane)를 시험관의 바닥에서 1~2 cm높이까 지 넣어준다. (높이는 동일하게 맞춰주도록 한다.)

3) 약 5 분간 잘 흔들어 준 후 상태를 관찰한다.

4) 실험결과를 S(soluble), I(insoluble)로 구별하여 기록한다.

5) 시료 B도 같은 방법으로 용해도를 조사한다.

(시료A : Biphenyl, 시료B : Acetamide)

Procedure: F. 화합물의 녹는점 확인

1) 시료A를 녹는점 측정용 모세관으로 4-5 회 찍는다.

2) 모세관 끝을 실험대 위에서 가볍게 쳐서 가루가 조밀하게 채워지 도록 한다.

3) 녹는점 측정기에 넣은 후 녹는점을 측정한다. (녹기 시작하는 온 도에서 완전히 녹은 온도까지 측정한다.)

4) 시료 B도 같은 방법으로 조사한다.

Procedure: G. 화합물의 밀도 확인

1) Methylene Chloride (MC): 메스실린더를 아세톤으로 씻어 드라이기로 말 린 후 완전히 식혀서 무게를 측정하고 MC 10 mL를 취하여 무게를 측정한 다.

2) Aluminum: 알루미늄 덩어리의 무게를 재고, 눈금실린더에 Hexane 5 mL 를 넣은 뒤 알루미늄을 넣어 부피변화를 측정한다.

**6. Data&Result**

**실험 A. 무게 측정**

저울

제조회사 : OHAUS CORPORATION

모델 : PAG2102C

측정용량 : 2100g

정밀도 : 0.01g

**실험 B.피펫을 이용한 액체의 이동.**

<표 1>

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1회 | 2회 | 3회 | 평균 |
| 비커 무게 | 41.04 g | 40.97 g | 40.96 g | 40.99 g |
| 비커+  물 10mL 무게(g) | 51.82 g | 63.42 g | 73.78g | (누적으로 계산했으므로 평균이 없다) |
| 물 10mL 무게(g) | 10.78 g | 11.60 g | 10.36 g | 10.91 g |
| 실제 물의 부피(mL) | 10.80 mL | 11.62 mL | 10.38 mL | 10.93 mL |

\*실온에서의 물의 밀도=0.99821g/mL이므로 (밀도=질량/부피)를 이용하여 실제 물의 부피를 구했다.

무게의 표준편차(불확정도)는 0.97g이었고,

부피의 표준편차는 0.66mL이었다.

**실험 C. 눈금 실린더를 이용한 액체의 이동**

<표 2>

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1회 | 2회 | 3회 | 평균 |
| 비커 무게 | 40.97 g | 40.98 g | 40.96 g | 40.97 g |
| 비커+  물 10mL 무게(g) | 50.62 g | 60.64 g | 70.65 g | (누적으로 계산했으므로 평균이 없다) |
| 물 10mL 무게(g) | 9.65 g | 10.02 g | 10.01 g | 9.89 g |
| 실제 물의 부피(mL) | 9.67 mL | 10.04 mL | 10.03 mL | 9.91 mL |

\*실온에서의 물의 밀도=0.99821g/mL이므로 (밀도=질량/부피)를 이용하여 실제 물의 부피를 구했다.

무게의 표준편차는 0.42g이었고,

부피의 표준편차는 0.35mL이었다.

**실험 D. 뷰렛을 이용한 액체의 이동**

<표 3>

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1회 | 2회 | 3회 | 평균 |
| 비커 무게 | 40.97 g | 40.96 g | 40.97 g | 40.97 g |
| 비커+  물 10mL 무게(g) | 51.02 g | 62.01 g | 71.85 g | (누적으로 계산했으므로 평균이 없다) |
| 물 10mL 무게(g) | 10.05 g | 10.97 g | 9.84 g | 10.29 g |
| 실제 물의 부피(mL) | 10.07 mL | 11.01 mL | 9.86 mL | 10.31 mL |

\*실온에서의 물의 밀도=0.99821g/mL이므로 밀도=질량/부피 를 이용하여 실제 물의 부피를 구했다.

무게의 표준편차는 0.98g이었고,

부피의 표준편차는 0.98mL이었다.

**실험 E. 화합물의 용해도 확인**

<표 4>

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Water | Ethanol | n-Hexane |
| A:Biphenyl | I | S | S |
| B:Acetamide | S | S | I |

실험 F. 화합물의 녹는점 확인

실험 G. 화합물의 밀도 확인.

<표 5> <표 6>

|  |  |
| --- | --- |
| (MC) |  |
| 메스실린더 무게 | 31.60 g |
| 메스실린더  +MC 10mL 무게 | 44.21 g |
| MC 10mL 무게 | 12.61 g |
| MC 밀도  (측정값) | 1.26 g/mL |
| (이론값) | 1.33 g/mL |

|  |  |
| --- | --- |
| (Aluminum) |  |
| Aluminum  무게 | 0.66 g |
| 증가한  n-hexane 무게 | 0.2 mL |
| Aluminum 밀도  (측정값) | 3.3 g/mL |
| (이론값) | 2.70 g/mL |

**7. Discussion**

일련의 실험들을 통해, 많은 사실과 반성할 점 등을 알 수 있었다.

우선 실험 B에서 큰 오차가 발생했었다.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 물 10mL 무게(g) | 10.78 g | 11.60 g | 10.36 g | 10.91 g |

<표 1>을 일부 발췌했다.

이 표를 보면 다른 실험들에 비에 물의 무게가 크게 차이가 났다.

표를 보면 알 특정한 방향으로 일어나는 계통 오차가 아닌, 무질서한 방향으로 일어나는 우연 오차가 발생했다. 이것은 장비 보정에서의 실수가 아닌 첫 실험이기에 너무 서툴렀던 실험자의 미숙에서 발생한 실수로 발생한 오차이다.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 비커 무게 | 41.04 g | 40.97 g | 40.96 g | 40.99 g |

<표 1>의 비커 무게 측정 부분

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 비커 무게 | 40.97 g | 40.98 g | 40.96 g | 40.97 g |
| 비커 무게 | 40.97 g | 40.96 g | 40.97 g | 40.97 g |

각각 <표 2>와 <표 3>의 무게 측정 부분이다.

다른 실험에서는 비커 무게의 오차가 40.97g에서 오차가 0.01g밖에 안 난 반면, 비커 무게를 실험 B에서 처음으로 측정했던 때에는 매우 큰 오차가 났다.

이것은 실험 장비에 남아있던 미세한 물방울을 닦지 않아 생긴 결과로, 실험을 할 때는 측정 과정도 중요하지만 장비의 관리에도 세심한 노력을 기울여야겠다는 생각을 들게 해 주었다.

또한 실험 B, C, D 에서는 눈금 실린더를 이용했을 때가 불확성도가 제일 작았다.

이것은 실험자의 미숙이 가장 큰 원인이라고 생각된다. 피펫과 뷰렛은 모두 세심한 조작을 필요로 하기에, 이러한 실험이 처음이었던 실험자가 많이 사용해 보지 않은 장비를 다루어 불확정도가 커진 것 같다.

실험 E는 극성과 무극성의 용해도에 관한 실험이었다.

이 실험에서 무극성인 시료 A(Biphenyl)는 Ethanol과 무극성인 Hexane에 녹고, 극성인 시료 B(Acetamide)는 Ethanol과 극성인 물에 녹았다. 위의 Theory에 극성 물질은 주로 극성 물질끼리, 비극성 물질은 주로 비극성 물질끼리 잘 섞이는 경향이 있다고 적어놨던 대로 결과가 나온 것이다.

그런데 Ethanol은 왜 극성과 무극성 시료를 모두 녹였을까에 대한 의문이 남았다.

Ethanol은 일단 유기용매라서 무극성 시료와 잘 섞인다. 그러나 에탄올의 분자 구조인 C2H5OH에서 하드록시기(–OH) 때문에 극성 용매와도 잘 섞일 수 있다.

Ethanol 분자의 이러한 특성 때문에 무극성인 시료 A와 극성인 시료 B가 모두 녹는 것이라고 생각된다.

실험 F는 물질들의 녹는점을 구하는 실험이었는데 시간이 없어 자세히 해 보지는 못했다.

그러나 이 실험의 의의는 이러한 실험들로 물질 샘플의 녹는점을 구해 실제 산업 환경에서 많은 양의 물질들을 녹일 때 자원의 낭비 없이 정확한 온도에 물질을 녹일 수 있도록 하는 것이라 생각한다.

실험 G는 물질들의 밀도를 구하는 실험이었다.

MC의 밀도는 1.26g/mL, 알루미늄 덩어리의 밀도는 3.3g/mL로 측정되었다. MC와 알루미늄의 실 제 밀도인 1.33g/mL, 2.70g/mL과 차이가 나는 값이다.

MC의 경우는 정확히 10mL의 부피를 취하지 못해서 오차가 생긴 것으로 보인다.

알루미늄 덩어리의 경우엔 메스 실린더의 최소 눈금이 0.2mL이었기 때문에 생긴 부피 측정이 정확하지 못해서 생긴 오차라고 생각된다.

**8. Reference**

Zumdahl/줌달의 일반화학 제 9판/사이플러스/2018/p31~p33

대한화학회/표준일반실험 제 7판/천문각/2011/p27~34