

# 화학실험 (004): 수소 이야기

## 결과보고서

제출일 2023.03.23

담당 교수님: 이은성 교수님

담당 조교: 백승현 조교

공과대학 컴퓨터공학부

강명석 (2024-10387)

### 실험개요

이 실험에서는 수소를 발견한 캐번디시의 실험을 재현해본다. 실험에서 발생하는 수소기체에 불을 붙여 그것의 폭발성을 관찰한다. 실험2에서는 일정한 무게의 다양한 금속을 염산에 넣어 발생하는 기체의 부피를 측정해 금속의 당량 또는 원자량을 계산해보기도 한다.

실험 3에서는 물의 전기분해장치를 통해 전극에서 수소기체, 산소기체가 나오는 것을 알아본다. 실험 4에서는 수소 방전관에서 방출되는 빛을 분광기를 통해 관찰하여 선 스펙트럼을 확인해본다.

### 배경이론

#### 1) 수소의 선 스펙트럼

전자가 가질 수 있는 에너지는 양자화 되어있다. 즉, 불연속적인 값을 가진다. 이에 전자의 전자전이에서 방출될 수 있는 빛의 파장 또한 불연속적인 값을 가진다. 수소원자의 전자의 양자수가  $n$ 이라면, 그것이 가지는 에너지는  $-\frac{1}{n^2}$ 에 비례한다. 만약 전자가  $n_2$ 에서  $n_1$ 으로 전이한다면, 그 전이로 인해 방출되는 파장은 아래처럼 기술될 수 있다.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

이때  $R$ 은 뢰드베리 상수로 대략  $1.097 \times 10^7 \text{m}^{-1}$  정도의 값을 가진다.

### 실험1 Data & Result

#### 1) 기체발생 관찰

가지달린 플라스크에 고무관을 연결하였다. 이후 플라스크에 적당량의 아연과 6N 농도의 염산을 약 2mL 넣어주었다. 고무관에 비눗물을 묻혀 비눗방울을 만든 후, 비눗방울에 불을 붙여 그것의 폭발성을 관찰해보았다. 라이터를 가져다 댄 비눗방울이 소리를 내며 폭발하는 것을 확인하였다.

### 실험2 Data & result

#### 1) 발생한 수소기체의 부피 측정

실험1과 같이 가지달린 플라스크에 고무관을 연결하였다. 플라스크에 40mg의 아연을 넣고, 충분한 양의 염산을 가하였다. 금속과 염산이 반응하여 나타나는 기체를 수상치환을 통해 모아준 후, 그것의 부피를 측정하였다. 같은 실험을 마그네슘, 알루미늄에 대해서도 반복해서 진

행하였다. 금속에 따른 발생한 기체의 부피는 아래 표와 같다.

금속종류	발생한 기체의부피
아연(Zn)	14mL
마그네슘(Mg)	36mL
알루미늄(Al)	52mL

## 2) 금속의 당량 계산

관찰결과와 금속의 원자량을 활용하여 각 금속의 당량을 알 수 있다. 만약 금속  $N_m$ mol이 반응하여 수소원자  $N_h$ mol이 발생한다면, 금속의 당량은  $\frac{N_m}{N_h}(\text{eq})$ 임을 안다. 이때 금속의 질량을  $w_m$ , 금속의 원자량을  $M_m$ 이라고 한다면  $N_m = \frac{w_m}{M_m}$ 이다. 동시에 발생한 수소기체의 질량을  $V_h$ , 상온상압에서의 몰당 부피를  $V_m$ 이라고 한다면  $N_h = \frac{2 V_h}{V_m}$ 가 성립한다. 식을 통해 금속의 당량을 계산할 수 있다.

$$(\text{당량}) = \frac{w_m V_m}{M_m \cdot 2 V_h}$$

식에 근거하여 계산한 세 금속의 당량은 아래와 같다.

금속	당량 (mol/eq)
아연(Zn)	0.542
마그네슘(Mg)	0.567
알루미늄(Al)	0.354

## 3) 금속의 원자량 계산

2와는 다르게 관찰한 기체의 부피와 플라스크 내에서 발생하는 반응식을 이용하여 금속의 원자량을 결정할 수도 있다. 만약  $n$ mol의 금속이 1mol의 수소원자와 반응을 함을 알고 있다고 하자. 그렇다면, 앞서 설정한 것과 같은 상수를 사용할 때 실험에서 반응한 금속의 몰 수는  $\frac{2 V_h}{n V_m}$ 임을 알 수 있다. 실험에서 반응한 금속은 총 40mg이므로,  $M_m = \frac{w_m}{N_m} = \frac{n w_m V_m}{2 V_h}$ 로 금속의 원자량을 결정할 수 있다. 식에 근거하여 계산한 세 금속의 원자량은 아래와 같다.

금속	n	원자량
아연(Zn)	2	70.9
마그네슘(Mg)	2	31.0
알루미늄(Al)	3	28.6

## 실험3 Data & result

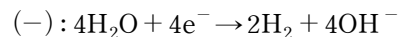
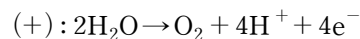
### 1) 전기분해시험 관찰

전기분해장치를 사용하여 물을 전기분해하여 보았다. 전해질로는 황산을 사용하였다. 황산을

물에 0.1M로 녹여 그것을 전기분해한다. 관찰결과 +전극에서 산소 기체로 추정할 수 있는 기체가 형성되고 있음을 확인할 수 있었다.

## 2) 전기분해장치에서의 전극반응식

전기분해장치의 문제로 인해 양극에서 방출되는 수소기체를 관찰하지 못하였고, 이에 둘의 부 또한 비교할 수 없었다. 그러나 이미 알고있는 사실들을 조합하여 음극과 양극에서 나타날 전극반응을 예측할 수 있다.



두 반응식을 더할 수 있다. 두 반응식을 종합하면  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$ 를 얻는다. 반응식으로부터 더 만약 수소 기체가 발생했다면 산소기체보다 두 배 더 발생했을 것이라고 예측할 수 있다.

## 실험4 Data & result

수소 방전관에서 방출되는 빛을 분광기를 통해 관찰하였다. 관찰에서 총 네 가닥의 빛이 방출된 것을 확인할 수 있었고, 이 네 가닥의 빛이 대략적으로 655nm, 495nm, 430nm, 410nm의 가짐을 보았다. 이것은  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$ 에 근거해 추측한 656nm( $n_1 = 2, n_2 = 3$ ), 486nm( $n_1 = 2, n_2 = 4$ ), 434nm( $n_1 = 2, n_2 = 5$ ), 410nm( $n_1 = 2, n_2 = 6$ )과 상당히 유사한 값이다.

## Discussion

실험1에서 대부분의 비눗방울에서 “평”하며 폭발하는 소리를 들을 수 없었다. 이러한 현상이 발생한 이유를 정확히 알 수는 없으나 그 원인을 추측해볼 수 있다. 넣어준 금속조각의 양이 소량이기때 발생한 수소 기체가 많지 않다는 것을 고려하면, 처음 플라스크에 담겨있던 공기가 비눗방울에 함께 들어가 비눗방울 속의 수소기체의 농도가 낮아졌을 것이다. 이것이 “평” 소리가 나지 않았던 원인이라 추측해볼 수 있다.

실험2에서 구한 당량과 원자량이 실제 값보다 조금 큰 값을 가짐을 확인하였다. 오차에는 여러 원인이 있을 수 있다. 주된 오차 원인으로는 염산 수용액을 플라스크에 넣은 후 간유리로 닫을 때까지 빠져나간 수소 기체와 눈금읽기 오차가 있을 수 있다. 특히 수소기체의 유실은 측정된 수소기체의 부피를 실제로 발생한 수소기체보다 작아지게 하므로, 당량과 원자량을 실제보다 큰 값으로 만드는데 큰 기여를 한다. 해당 오차를 포함한 여러 가지 오차들이 종합되어 해당 오차가 만들어졌을 것이다.

## Assignment 1

(1)

우주의 수소들이 대부분 이온 상태로 존재하는 이유는 원자 상태의 수소가 별이 방출하는 에너지에 의해 재이온화되었기 때문이다. 우주에 별이 형성되기 시작하면서부터 중성수소는 그것들이 내는 빛에 의해 이온화되어갔고, 지금에 이르러서는 대부분의 수소 이온이

이온화되었다.

(2)

임의의 원소 M은 산화수 4를 가지기 때문에,  $M + 4HCl \rightarrow MCl_4 + 2H_2$ 의 반응을 할 것임을 안다. 반응에서, 수소가 100mL 발생하였다. SATP에서 1mol의 기체는 24.8L의 부피를 가지기 때문에, 수소분자는  $4.03 \times 10^{-3} \text{mol}$  발생하였고, 이에 금속과 반응한 수소 원자 수는  $8.07 \times 10^{-3} \text{mol}$ 이다. 조건에 따라 이것과 반응한 M의 무게는 40mg임을 안다. 이에 따라 이 원소의 당량을 계산할 수 있다.

$$(\text{당량}) = \frac{40 \times 10^{-3} \text{g}}{8.07 \times 10^{-3}} = 5.0 \text{g/eq}$$

## Assignment 2

(1)

순수한 물에는 전기가 잘 통하지 못하기 때문에 물의 전기분해 시 순수한 물을 사용할 경우 전기분해가 원활히 이루어질 수 없다. 이에 전기가 잘 통할 수 있도록  $H_2SO_4$ 과 같은 전해질을 물에 넣어주어야 한다.

(2)

칼륨은 수소보다 더 강력한 환원제이다. 즉, 수소보다 전자를 내어놓고자 하는 경향서임 더 강하다. 그렇기에 KOH를 전해질로 사용한다면 + 극에서는  $O_2$ 기체가, -극에서는 칼륨이 석출될 것을 예측할 수 있다.

(3)

자외선 영역의 수소선 스펙트럼에는 102.6nm파, 121.6nm파가 있다. 수소원자의 전자가  $n_2$ 에서  $n_1$ 으로 전이할 때 방출하는 빛의 파장은 아래 식과 같다. 이때  $R$ 은 뢰드베리 상수이다.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

식에  $n_1 = 1, n_2 = 3$  그리고  $n_1 = 1, n_2 = 2$ 를 넣어 자외선 영역에서의 수소 선 스펙트럼이 방출되는 파장 2개를 구할 수 있다.

## Reference

김희준, 『일반화학실험』, 자유아카데미, 2010, 167~177p

Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laveman 『화학의 원리(제7판)』, 김관, 김병문, 이상엽, 정두수, 정영근, 자유아카데미, 2018, 6~9p, 293~295p

## 실험 랩노트

240402

실험 1 → 관찰 완료.

실험 2.

금속종류	방출된 기체의 부피
아연 (Zn)	14mL
마그네슘 (Mg)	36mL.
알루미늄 (Al)	52mL

