

이름: \_\_\_\_\_ 학번: \_\_\_\_\_ 학과: \_\_\_\_\_

- 시험시간: 오후 7시 ~ 오후 9시
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 부정행위가 적발되면 감독 조교는 경고 없이 학생의 인적 사항을 파악하여 추후에 교수에게 통보할 것이고 그 학생의 점수는 이유 여하를 막론하고 0 점 처리 될 것임.
- 숫자로 답이 나오는데 유효 숫자가 틀리면 각 문항 당 1점 감점.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안 에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음
- 문제수: 53
- Page 수: 4
- 만점: 203 점

다음의 빈칸을 채워라.

“우주는 태초에 대폭발 (Big Bang) 에 의하여 공간과 (1) 시간 (time) 이 창조됨으로써 생겼다. 이때 공간은 (2) 에너지 (energy) 와 ‘공간을 차지하고 질량을 가지는 것’ 이라고 정의되는 (3) 물질 (matter) 이 채우게 되었다. 태초의 (3)은 쿼크 (quark) 라고 불리는 근본적인 입자들로서 대폭발에 의하여 발생한 높은 온도 때문에 빠른 운동속도를 가지게 되어 우주는 팽창하게 되었다.”

quark에는 여섯 가지 종류가 있다. 그 중에서 "charm" 이라고 불리는 quark 는 그 질량이  $1.5 \text{ GeV}/c^2$  ( $G=\text{giga}=10^9$ ,  $e=\text{전자의 전하량}$ ,  $V=\text{volt}$ ,  $c=\text{광속}$ ) 이고 전하량은  $+2/3$  라고 알려져 있다. 따라서 charm의 질량은

$$\begin{aligned} 1.5 \text{ GeV}/c^2 &= 1.5 \times 10^9 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J} / (2.998 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 2.7 \times 10^{-27} (\text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2)/(\text{m/s})^2 \\ &= 2.7 \times 10^{-27} \text{ Kg} \\ &= 2.7 \times 10^{-24} \text{ g} \end{aligned}$$

(4)  $2.7 \times 10^{-24} \text{ g}$  이다.

“이때 우주의 온도는 대략  $10^9 \text{ K}$  라고 알려져 있다.”

만일 charm이 기체 상태로 있다고 하면 charm의 근제곱평균속도 ( $u_{\text{rms}}$ ) 는 (우주의 온도,  $10^9 \text{ K}$ , 는 완전수라고 생각하고 계산하여라.)

$$\begin{aligned} u_{\text{rms}} &= (3RT/M)^{1/2} = \{3RT/(m \cdot N_A)\}^{1/2} \\ &= \{3 \times 8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 10^9 \text{ K} / (2.7 \times 10^{-27} \text{ Kg} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ mol})\}^{1/2} \\ &= [1.5 \times 10^{13} \{(\text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2)/(\text{mol} \cdot \text{K})\} \cdot \text{K}/(\text{kg}/\text{mol})]^{1/2} \\ &= 3.9 \times 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

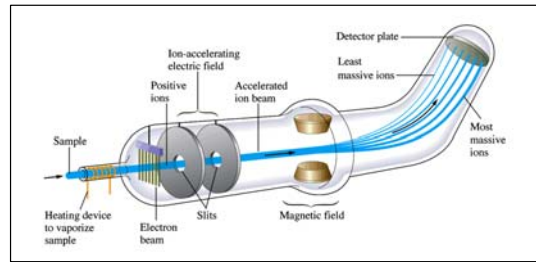
(5)  $3.9 \times 10^6 \text{ m/s}$  가 된다.

(물론 초기 우주를 위와 같이 quark의 고전역학적인 운동으로 단순히 기술할 수는 없다.)

“그 후 우주는 진화를 거듭하여 현재의 우주의 모양이 되었다. 현재 과학자들은 우주에 존재할 수 있는 원자의 종류가 이론적으로 (6) 118 가지 까지 있다는 것을 알아내었고 이 중에서 지구에서 자연 상태에서 발견되는 것은 원자번호 1번 수소(H) 에서 92번인 우라늄 (U) 까지이다. (이중 43번 테크네튬(Tc)과 61번 프로메튬(Pm)은 자연 상태에서 원소의 형태로 발견되지 않고 화합물의 형태로만 발견된다.) 우라늄은 잘 알려진 바와 같이 원자력

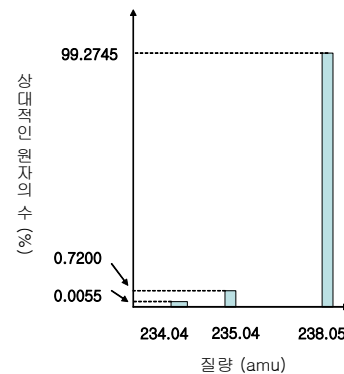
발전소의 원료로 쓰이는 것으로서 우라늄의 동위원소에는  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  의 세 가지가 있다.”

우라늄 동위원소들의 정확한 질량과 자연존재비를 알기 위하여 우라늄을 다음과 같은 질량분석계를 사용하여 분석을 하였다.



질량분석계

다음은 그 스펙트럼이다.



다음은 스펙트럼의 분석으로 정리한 표이다.

| 동위원소             | 질량 수 | 양성자의수   | 중성자의수    | 질량 (amu)    | 자연존재비 (%)    |
|------------------|------|---------|----------|-------------|--------------|
| $^{234}\text{U}$ | 234  | (7) 92  | (8) 142  | (9) 234.04  | (10) 0.0055  |
| $^{235}\text{U}$ | 235  | (11) 92 | (12) 143 | (13) 235.04 | (14) 0.7200  |
| $^{238}\text{U}$ | 238  | (15) 92 | (16) 146 | (17) 238.05 | (18) 99.2745 |

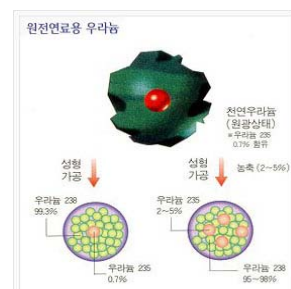
따라서 우라늄의 평균원자량은

평균원자량

$$\begin{aligned} &= (234.04 \text{ amu} \times 0.0055 + 235.04 \text{ amu} \times 0.7200 + 238.05 \text{ amu} \times 99.2745)/100 \\ &= 238.03 \text{ amu} \end{aligned}$$

(19)  $238.03 \text{ amu}$  이다.

“위의 세가지 동위원소 중에서 실제로 원자력 발전소에서 원료로 쓰이는 것은  $^{235}\text{U}$  로서 자연존재비가 극히 적기 때문에 우라늄 광산으로부터 얻은 광석에서 추출한 우라늄을 원료로 사용하기 위하여서는  $^{235}\text{U}$ 를 분리하여야 하는데 실제 사용하는 원료는  $^{235}\text{U}$  가 2~5% 정도이다. 이 과정을 ‘우라늄 농축’ 이라 하고 종종 우리는 이 단어를 뉴스 매체를 통하여 들을 수 있다. 아쉽게도 우리나라는 아직 이 농축 기술이 없기 때문에 농축된 우라늄 원료를 수입하여 사용하여야 한다.”



농축 우라늄 1 mol 을 수입하여 질량을 재어보니 237.95 g 이었고  $^{234}\text{U}$ 는 0.0000 % 존재한다고 하자. 이 때 농축 우라늄에서  $^{235}\text{U}$ 와  $^{238}\text{U}$ 의 조성비는 각각

a %를 농축 우라늄에서  $^{235}\text{U}$ 의 조성비라고 하면

$$237.95 \text{ g} = 235.04 \text{ g} \times a/100 + 238.05 \text{ g} \times (100-a)/100$$

$$\begin{aligned} \therefore (238.05 - 235.04) \times a &= (238.05 - 237.95) \times 100 \\ \therefore a &= (238.05 - 237.95) \times 100 / (238.05 - 235.04) \\ &= 0.10 \times 100 / 3.01 \\ &= 3.3 \end{aligned}$$

따라서  $^{235}\text{U}$ 의 조성비 = 3.3 %,  $^{238}\text{U}$ 의 조성비 = 96.7 %

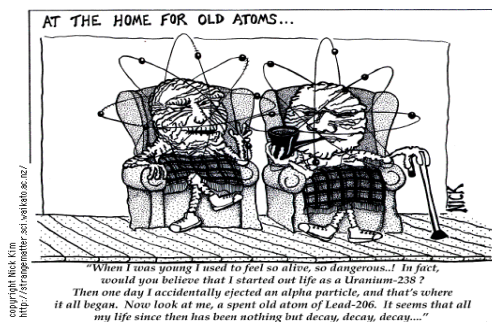
(20)  $^{235}\text{U}$ 의 조성비 = 3.3 % , (21)  $^{238}\text{U}$ 의 조성비 = 96.7 % 이다.

“좀 더 심각한 ‘우라늄 농축’은  $^{235}\text{U}$ 의 조성비가 약 90% 정도 되는 우라늄으로서 이것은 원자폭탄의 원료로 쓰인다. 방송 매체에서 들는 ‘우라늄 농축’은 바로 90% 정도의 농축을 할 수 있는 기반 기술을 가지고 있는 가에 대한 것으로서 현재 미국, 영국, 프랑스, 러시아, 중국, 인도, 이스라엘, 파키스탄 등이 그 기술을 가지고 있는 것으로 알려져 있고 또한 최근에 북한, 이란 등도 그 기술을 가지고 있는 것으로 의심 받고 있다. 원자력 발전소에서 에너지를 얻는 원리와 원자폭탄의 폭발 원리는 모두 소위 핵 붕괴 (decay)로서 이때 관여하는 힘은 우주를 지배하는 네 가지의 힘,

(22) 중력 (gravitational force) , (23) 전자기력 (electromagnetic force) ,

(24) 강력 (strong force) , (25) 약력 (weak force) 중 에

서 (26) 약력 (weak force) 이다.



우라늄은 붕괴되어 위 그림의 설명에 나와 있는 바와 같이 궁극적으로 납 (lead, Pb) 이 된다. 납은 주기율표 상에서 (27) 14 (또는 4A) 족 ,

(28) 6 주기 에 속하는 원소로서 같은 족에는 (29) 2 개 의

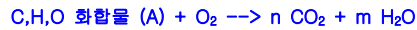
비금속 원소가 있고 그 중에 질량수가 작은 것은 (30) 탄소 (C) 이다.”

|    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |
|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| 1  | H  |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2  | He |    |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |
| 3  | Li | 4  | Be |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 5  | B  | 6  | C  | 7  | N  | 8   | O  | 9   | F  | 10  | Ne |     |    |    |    |
| 11 | Na | 12 | Mg | ★  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 13 | Al | 14 | Si | 15 | P  | 16  | S  | 17  | Cl | 18  | Ar |     |    |    |    |
| 19 | K  | 20 | Ca | 21 | Sc  | 22 | Ti | 23 | V  | 24 | Cr | 25 | Mn | 26 | Fe | 27 | Co | 28 | Ni | 29 | Cu | 30 | Zn | 31 | Ga | 32  | Ge | 33  | As | 34  | Se | 35  | Br | 36 | Kr |
| 37 | Rb | 38 | Sr | 39 | Y   | 40 | Zr | 41 | Nb | 42 | Mo | 43 | Tc | 44 | Ru | 45 | Rh | 46 | Pd | 47 | Ag | 48 | Cd | 49 | In | 50  | Sn | 51  | Sb | 52  | Te | 53  | I  | 54 | Xe |
| 55 | Cs | 56 | Ba | 57 | La* | 58 | Ce | 59 | Pr | 60 | Nd | 61 | Pm | 62 | Sm | 63 | Eu | 64 | Gd | 65 | Tb | 66 | Dy | 67 | Ho | 68  | Er | 69  | Tm | 70  | Yb | 71  | Lu |    |    |
| 87 | Fr | 88 | Ra | 89 | Ac† | 90 | Th | 91 | Pa | 92 | U  | 93 | Np | 94 | Pu | 95 | Am | 96 | Cm | 97 | Bk | 98 | Cf | 99 | Es | 100 | Fm | 101 | Md | 102 | No | 103 | Lr |    |    |

위의 주기를 표에서 \* 표한 원소들은, 즉 원자번호 21번에서 30번 사이의 원소와 그 아래 원소들은, (31) 전이금속 (전이원소, transition metal) 라고 불린다.

“탄소는 유기화합물의 가장 중요한 원소로서 생명현상의 가장 중요한 원소 중의 하나 라고 할 수 있다. 대부분의 유기화합물은 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있는데 이러한 유기화합물이 어떤 것인가를 알기 위한 여러가지 방법 중 하나는 유기화합물을 태워서 나오는 이산화탄소와 물의 질량 측정으로부터 유기화합물을 알아내는 것이다.”

탄소, 수소, 산소로 이루어진 어떤 유기화합물 10.68 mg을 연소시켰더니 이산화탄소 16.01 mg 과 물 4.37 mg이 생겼다. 이 유기화합물의 실험식을 구해보면



CO<sub>2</sub> 에서 C의 % 성분비

$$\begin{aligned} &= 12.01 \text{ amu} / (12.01 \text{ amu} + 16.00 \text{ amu} \times 2) \times 100 (\%) \\ &= 27.29 \% \end{aligned}$$

H<sub>2</sub>O 에서 H의 % 성분비

$$\begin{aligned} &= (1.008 \text{ amu} \times 2) / (1.008 \text{ amu} \times 2 + 16.00 \text{ amu}) \times 100 (\%) \\ &= 11.19 \% \end{aligned}$$

CO<sub>2</sub>의 C는 모두 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> 화합물 (A) 에서 온 것이므로 A에서 C의 질량

$$\begin{aligned} &= 16.01 \text{ mg} \times 0.2729 \\ &= 4.369 \text{ mg} \end{aligned}$$

H<sub>2</sub>O의 H는 모두 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> 화합물 (A) 에서 온 것이므로 A에서 H의 질량

$$\begin{aligned} &= 4.37 \text{ mg} \times 0.1119 \\ &= 0.489 \text{ mg} \end{aligned}$$

A에서 O의 질량

$$\begin{aligned} &= 10.68 \text{ mg} - (4.369 + 0.489) \text{ mg} \\ &= 5.82 \text{ mg} \end{aligned}$$

A에서 C의 mol 수

$$\begin{aligned} &= 4.369 \text{ mg} / (12.01 \text{ g/mol}) \\ &= 0.3638 \text{ m mol} \end{aligned}$$

A에서 H의 mol 수

$$\begin{aligned} &= 0.489 \text{ mg} / (1.008 \text{ g/mol}) \\ &= 0.485 \text{ m mol} \end{aligned}$$

A에서 O의 mol 수

$$\begin{aligned} &= 5.82 \text{ mg} / (16.00 \text{ g/mol}) \\ &= 0.364 \text{ m mol} \end{aligned}$$

따라서 A에서 C,H,O의 mol 비

$$\begin{aligned} &= 0.3638 : 0.489 : 0.364 \\ &\approx 3 : 4 : 3 \end{aligned}$$

따라서 알고자 하는 C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub> 화합물의 실험식은 C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>

(32) C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> 이 된다.

만일 위의 유기화합물의 물질량이 176.1 g/mol 이라면 이 화합물의 분자식은

$$\begin{aligned} 176.1 \text{ g/mol} &= n \times (12.01 \times 3 + 1.008 \times 4 + 16.00 \times 3) \text{ g/mol} \\ \therefore n &= 176.1 / 88.06 = 2 \end{aligned}$$

따라서 분자식은 C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>

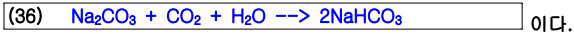
(33) C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> 이 된다.

“또한 탄소는 무기화합물에서도 많이 발견되는데 예를 들어 빵을 부풀게 하는 베이킹파우더로 쓰이는 NaHCO<sub>3</sub>는 영어로는

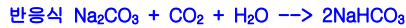
(34) Sodium Hydrogen Carbonate (또는 Sodium bicarbonate) 로 불리

고 우리말로 는 (35) 탄산수소소듐(또는 나트륨) (또는 중탄산소듐(나트륨)) 라고 불린다.”

공업적으로  $\text{NaHCO}_3$  는 소다화라고 하는  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 수용액상에서 이산화탄소를 통과시켜서 얻는다. 따라서  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 에서  $\text{NaHCO}_3$ 를 만들어내는 화학 반응의 균형잡힌 화학 반응식은



철수는  $\text{NaHCO}_3$ 를 제조하기 위하여 소다화 35.6 g 을 충분한 물에 녹인 후  $25^\circ\text{C}$  에서 이산화탄소 20.8 L 를 통과시킨 후 얻은  $\text{NaHCO}_3$ 를 여과종이로 거른 후 질량을 달아보니 얻은  $\text{NaHCO}_3$ 의 질량은 45.7 g 이었다. 이론적으로 얻을 수 있는  $\text{NaHCO}_3$ 의 질량은



$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 의 물질량

$$= 22.99 \text{ g/mol} \times 2 + 12.01 \text{ g/mol} + 16.00 \text{ g/mol} \times 3$$

$$= 105.99 \text{ g/mol}$$

$\text{NaHCO}_3$ 의 물질량

$$= 22.99 \text{ g/mol} + 1.008 \text{ g/mol} + 12.01 \text{ g/mol} + 16.00 \text{ g/mol} \times 3$$

$$= 84.01 \text{ g/mol}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  35.6 g

$$= 35.6 \text{ g} / (105.99 \text{ g/mol})$$

$$= 0.336 \text{ mol}$$

$\text{CO}_2$  20.8 L

$$= 20.8 \text{ L} / (22.4 \text{ L/mol})$$

$$= 0.929 \text{ mol}$$

위의 반응식에서 반응물  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  그리고 생성물  $\text{NaHCO}_3$ 의 mol 비는 1:1:2 이므로  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  가 한계시약이고  $\text{NaHCO}_3$ 는 한계시약의 2배 만큼 생성된다. 따라서

이론적으로 얻을 수 있는 생성물  $\text{NaHCO}_3$ 의 질량

$$= 2 \times 0.336 \text{ mol} \times 84.01 \text{ g/mol} = 56.5 \text{ g}$$

(37) 56.5 g 이므로 철수의 실험에서 수득률은

$$\text{수득률} = 45.7 \text{ g} / 56.5 \text{ g} \times 100 (\%)$$

$$= 80.9 \%$$

(38) 80.9 % 이다.

" $\text{NaHCO}_3$ 는 공업적으로는 위의 식 (36)처럼 이산화탄소를 사용하여 얻지만  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 그냥 물에 녹여도 만들어진다.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 물에 녹이면 용액은 염기성이 되는데 이는 수용액 상에서  $\text{NaHCO}_3$ 도 만들어지지만  $\text{OH}^-$  이온도 만들어내기 때문이다."

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 물에 녹였을 때 수용액이 염기성이 되는 이유는 다음의 균형잡힌 화학반응식, (39)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{NaHCO}_3$  으로 설명할 수 있다.

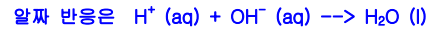
"수용액에서  $\text{OH}^-$  이온을 생성해 내는 것은 염기 (base), 그리고

(40)  $\text{H}^+$  (수소이온) 을 생성해 내는 것은 산 (acid) 이라고 하는데 이는

(41) Arrhenius (아레니우스) 의 산-염기 정의에 따른 것이다. 산과 염기가 만나서 일어나는 반응을 산-염기 반응이라고 한다. 산-염기 반응을 이용하면 농도를 알고 있는 산 또는 염기로부터 농도를 모르는 염기 또는 산의 농도를 알 수 있는데 이를 산-염기 적정이라고 한다."

철수는 집의 부엌에 있는 식초병의 성분표에 식초의 밀도가  $1.006 \text{ g/cm}^3$  라고 써 있는데 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 의 질량 백분율을 표시가 지워진 것을

발견하였다. 그래서 화학 시간에 배운 산-염기 적정을 이용하여 식초에서 아세트산의 질량 백분율을 알아보기로 하였다. (식초는 아세트산의 수용액이다) 식초 10.00 mL를 삼각 플라스크에 넣은 후 페놀프탈레인 한 방울을 첨가하고 뷰렛에 미리 준비한 0.5062 M NaOH 수용액으로 적정을 하였다. NaOH 용액 16.58 mL가 소모되었을 때 식초용액의 색이 무색에서 빨간색으로 변하였다. 따라서 철수는 식초에서 아세트산의 몰농도가



당량점에서 산 ( $\text{H}^+$ )의 몰 수 = 염기 ( $\text{OH}^-$ )의 몰 수  
따라서

$$M_{\text{acid}}V_{\text{acid}} = M_{\text{base}}V_{\text{base}}$$

$$M_{\text{acid}} = M_{\text{base}}V_{\text{base}}/V_{\text{acid}}$$

$$= 0.5062 \text{ M} \times 16.58 \text{ mL} / 10.00 \text{ mL}$$

$$= 0.8393 \text{ M}$$

(42) 0.8393 M 임을 알아내었다.

철수는 또한 식초의 밀도와 산-염기 적정 실험에서 알아낸 아세트산의 농도로 부터 식초에서 아세트산의 질량 백분율이

식초  $1 \text{ cm}^3$  ( = 1 mL) 속에 있는 아세트산의 몰 수

$$= MV$$

$$= 0.8393 \text{ M} \times 1 \text{ mL}$$

$$= 0.8393 \text{ mol}/1000 \text{ mL} \times 1 \text{ mL}$$

$$= 8.393 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

아세트산의 물질량

$$= 12.01 \text{ g/mol} \times 2 + 1.008 \text{ g/mol} \times 4 + 16.00 \text{ g/mol} \times 2$$

$$= 60.05 \text{ g/mol}$$

따라서

식초  $1 \text{ cm}^3$  ( = 1 mL) 속에 있는 아세트산의 질량

$$= 8.393 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 60.05 \text{ g/mol}$$

$$= 0.05040 \text{ g}$$

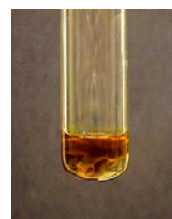
식초에서 아세트산의 질량 백분율

$$= 0.05040 \text{ g} / 1.006 \text{ g} \times 100 (\%)$$

$$= 5.010 \%$$

(43) 5.010 % 임을 성공적으로 알아내었다.

"산-염기 적정에 많이 쓰이는 NaOH 용액 (염기성 용액)에 철 2가 이온 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 을 넣으면 다음 그림과 같이 침전  $\{\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})\}$  이 생기는데 여기에

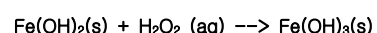


$\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$



$\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$

$\text{H}_2\text{O}_2$ 를 넣으면 다른 종류의 침전  $\{\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})\}$  이 생긴다. 이 반응은

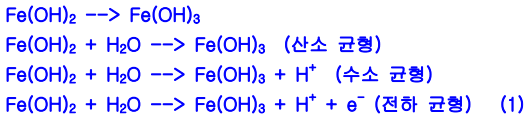


라고 완성되지 않은 형태로 줄여 쓸 수 있다. 이때  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  에서 Fe의 산화

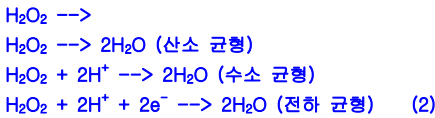
수는 (44) +2 , H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 에서 O의 산화수는 (45) -1 , Fe(OH)<sub>3</sub> 에서 Fe의 산화수는 (46) +3 이다. 이와 같이 화학 반응에서 산화수가 변화하는 반응을 (47) 산화-환원 반응 이라고 한다.“

Fe(OH)<sub>2</sub>(s) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (aq) --> Fe(OH)<sub>3</sub>(s) 반응의 균형잡힌 반응식은

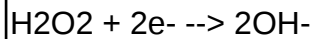
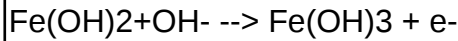
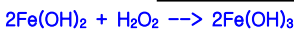
#### 산화 반쪽 반응



#### 환원 반쪽 반응



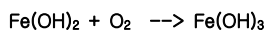
(1) x 2 + (2)



(48)  $2\text{Fe(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe(OH)}_3$  이다.

따라서 Fe(OH)<sub>2</sub>의 Fe는 (49) 1 개 의 전자만큼 산화되었고, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 의 O는 (50) 1 개 의 전자만큼 환원되었다.

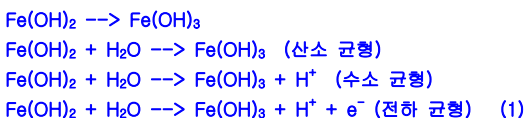
철수는 염기성용액에서 생성된 Fe(OH)<sub>2</sub> 가 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 에 의해 Fe(OH)<sub>3</sub>로 바뀐다고 알고 있었고 (식 48) 그 반응을 직접 실험으로 확인하였다. 그런데 실험 중에 과다하게 만들어 놓은 Fe(OH)<sub>2</sub> 가 담겨있는 염기성 용액을 일부는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 첨가하여 식 (48) 실험을 하였고 일부는 시험관에 따로 보관하여 놓았는데 며칠 후에 보니 그 시험관에 Fe(OH)<sub>3</sub> 가 생성되어 있는 것을 확인하였다. 그래서 철수는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 없었는데 어떻게 Fe(OH)<sub>3</sub> 가 생기는가를 생각하여 보다가 다음과 같이 이 공기 중의 산소가 반응을 일으킬 수 있지 않을까 생각하였다.



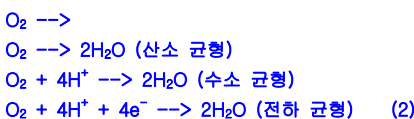
그래서 교수님께 여쭙보니 공기 중의 산소에 의하여 Fe(OH)<sub>2</sub> 가 Fe(OH)<sub>3</sub>로 산화될 수 있다고 하셔서 균형잡힌 화학반응식은



#### 산화 반쪽 반응



#### 환원 반쪽 반응



(1) x 4 + (2)



(51)  $4\text{Fe(OH)}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe(OH)}_3$  라고 알려 주셨다.

따라서 철수는 Fe(OH)<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> --> Fe(OH)<sub>3</sub>의 반응에서 Fe(OH)<sub>2</sub>의 Fe는 (52) 1 개 의 전자만큼 산화되었고, O<sub>2</sub> 의 O는 (53) 2 개 의 전자만큼 환원 되었다는 것을 찾아내어서 Fe(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> --> Fe(OH)<sub>3</sub> 반응과는 비슷하지만 약간 다르다는 점을 알고 산화-환원 반응을 완전히 이해하였다.

- 여러 가지 상수들 -

- 아보가드로의 수 (Avogadro's number) = 6.022x10<sup>23</sup>
- e (전자 전하량) = 1.602 x 10<sup>-19</sup> C
- 1 eV = 1.602 x 10<sup>-19</sup> J
- c (광속) = 2.998 x 10<sup>8</sup> m/s
- u<sub>rms</sub> = 근 제곱 평균 속도 (root mean square speed) = (3RT/M)<sup>1/2</sup> 여기서 M은 분자량
- R (기체상수) = 0.0821 L·atm/(mol·K) = 8.314 J/(mol·K)
- Na 의 원자량 = 22.99 amu
- O 의 원자량 = 16.00 amu
- C 의 원자량 = 12.01 amu
- H 의 원자량 = 1.008 amu
- 25°C 에서 이산화탄소 1 mol의 부피 = 22.4 L (가정)

| 문항 | 만점  | 점수 |
|----|-----|----|
| 1  | 2   |    |
| 2  | 2   |    |
| 3  | 2   |    |
| 4  | 6   |    |
| 5  | 6   |    |
| 6  | 2   |    |
| 7  | 2   |    |
| 8  | 2   |    |
| 9  | 2   |    |
| 10 | 2   |    |
| 11 | 2   |    |
| 12 | 2   |    |
| 13 | 2   |    |
| 14 | 2   |    |
| 15 | 2   |    |
| 16 | 2   |    |
| 17 | 2   |    |
| 18 | 2   |    |
| 19 | 6   |    |
| 20 | 5   |    |
| 21 | 5   |    |
| 22 | 2   |    |
| 23 | 2   |    |
| 24 | 2   |    |
| 25 | 2   |    |
| 26 | 2   |    |
| 27 | 2   |    |
| 28 | 2   |    |
| 29 | 2   |    |
| 30 | 2   |    |
| 31 | 2   |    |
| 32 | 10  |    |
| 33 | 5   |    |
| 34 | 5   |    |
| 35 | 5   |    |
| 36 | 8   |    |
| 37 | 10  |    |
| 38 | 5   |    |
| 39 | 8   |    |
| 40 | 2   |    |
| 41 | 2   |    |
| 42 | 10  |    |
| 43 | 10  |    |
| 44 | 3   |    |
| 45 | 3   |    |
| 46 | 3   |    |
| 47 | 2   |    |
| 48 | 10  |    |
| 49 | 3   |    |
| 50 | 3   |    |
| 51 | 10  |    |
| 52 | 3   |    |
| 53 | 3   |    |
| 합  | 203 |    |