

## 4. 산 표준용액의 조제 및 표정

### 가. 실습 목표

- 1) 진한 염산을 묽게 하여 0.1N-염산 표준액을 조제할 수 있다.
- 2) 표준물질로 탄산수소칼륨을 사용하여 염산 표준액을 정확히 표정할 수 있다.

### 나. 실습 재료

염산(HCl), 탄산수소칼륨(KHCO<sub>3</sub>), 메틸오렌지

### 다. 기기 및 기구

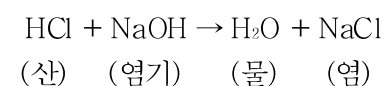
비이커(500mL), 메스피펫(10mL), 메스플라스크(500mL, 1L), 흡피펫(25mL), 삼각플라스크, 뷰렛(50mL), 피펫 필러, 건조기, 데시케이터, 전자저울, 세척병, 라벨, 천칭, 약포지, 약수품, 파라핀 랩, 티슈

### 라. 관계 이론

#### 1) 산과 중화반응

스웨덴의 과학자 아레니우스는 산이란 수용액에서 이온화하여 수소이온(H<sup>+</sup>)을 내놓는 물질이라고 정의하였다. 물질에 따라 수용액 중에 이온화하여 내놓는 H<sup>+</sup>의 농도가 클수록 강산이다. 강산에는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>가 있으며 약산에는 H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 등이 있다.

아래와 같이 산과 염기가 반응하여 물과 염을 생성하는 반응을 중화 반응이라 한다.

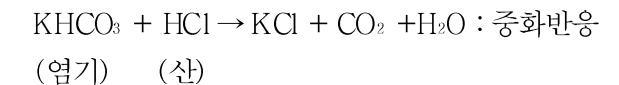


#### 2) 염산의 반응

염산(hydrochloric acid, HCl, M.W.=36.47)은 염화수소의 수용액으로 무색, 자극성 냄새를 가진 일염기 강산이다. 시판용 진한 염산의 비중은 1.18이고 순도는 37.2% 정도이다.

탄산수소칼륨(potassium hydrogen carbonate, KHCO<sub>3</sub>, M.W.=100.12)은 무색의 결정으로 중탄산칼륨이라고도 한다. 탄산나트륨(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), 붕사(Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>)등과 같이 산 표준액의 1차 표준물질로 사용된다.

탄산수소칼륨과 염산의 반응식은 다음과 같이 정량적으로 이루어진다.



이 반응식으로부터 KHCO<sub>3</sub> 1mole ≡ HCl 1mole ≡ 1g-당량

∴ KHCO<sub>3</sub> 1mole은 1g-당량이다.

위의 중화적정 반응식에서 알 수 있듯이 종말점에 이르면 이산화탄소가 발생하여 종말점의 명확한 판정에 방해가 될 수 있으므로 가열하고 흔들어서 이산화탄소를 제거한 다음, 지시약을 넣고 적정을 계속한다.

0.1N-HCl 1mL에 상응하는 탄산수소칼륨의 양을 구하자.

$$\begin{array}{l} 1\text{N-HCl} \quad 1\text{L} \equiv 1\text{g-당량} \quad \text{HCl} \equiv 1\text{g-당량} \\ \text{KHCO}_3 \equiv 1\text{mole} \quad \text{KHCO}_3 \equiv 100.12\text{g-KHCO}_3 \end{array}$$

0.1N-HCl 1mL ≡

$$\begin{aligned} & \frac{100.12(\text{g-KHCO}_3/\text{L})}{1(\text{N-KHCO}_3)} \times \frac{0.1(\text{N-KHCO}_3)}{1,000(\text{mL/L})} \times 1(\text{mL}) \\ & = 0.010(\text{g-KHCO}_3) \end{aligned}$$

따라서, 0.1N-HCl 1mL는 0.010g KHCO<sub>3</sub>에 상당한다.

## 마. 주의 사항

- 1) 진한 염산은 극약이므로 피펫 필러를 사용하여 안전하게 취한다.
- 2) 진한 염산을 용해시킬 때 용기에 물을 먼저 취하고 염산은 나중에 넣어야 하며, 열이 발생하므로 주의한다.
- 3) 지시약을 과량 사용하면 종말점 판정이 어려우므로 적당량 사용한다.

## 바. 실습 순서

### 1) 시약 조제

#### 가) 0.1N-HCl 표준액

먼저, 시약용 염산의 노르말(N)농도를 구하자.

시약용 염산은 일반적으로 순도 37.2(w/w%), 비중 1.18, 분자량 36.47이다.

$$1,180 \left( \frac{g-HCl \text{ 용액}}{L-HCl \text{ 용액}} \right) \times \frac{37.2}{100} \left( \frac{g-HCl}{g-HCl \text{ 용액}} \right) \times \frac{1(N)}{36.47(g-HCl)} \\ = 12.0(N)$$

$0.1(N) \times 1,000(mL) = 12(N) \times x(mL) \therefore x = 8.3(mL)$  따라서, 약간의 물에 시판용 염산 8.3mL를 취해 물을 넣어 전체가 1L가 되게 한다.

#### 나) 0.1% 메틸오렌지 지시약

methyl orange( $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ ) 0.1g을 뜨거운 물에 녹여 100mL가 되게 한다.

### 2) 0.1N-HCl 표준액의 표정

- 가) 탄산수소칼륨( $KHCO_3$ )을  $120 \sim 140^\circ C$ 에서 약 2시간 건조한 다음 데시케이터(실리카겔)에서 식혀, 약 5g을 정확히 단다. ...  
 $W(g)$
- 나) 이를 물에 녹여 500mL 메스플라스크에 옮겨 넣고 물을 넣어 표선까지 채운다.
- 다) 이 용액 25mL를 홀피펫으로 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1w/v(%) -메틸오렌지 지시약 2~3방울을 가한다.

- 라) 표정하려는 0.1N-HCl 표준액을 뷰렛에 넣고 눈금을 맞춘다.
- 마) HCl 표준액으로 적정하여 탄산수소칼륨 표준액이 노란색에서 빨간색이 되려고 할 때 적정을 중지하고 약 2분간 끓여 탄산가스( $CO_2$ )를 제거하고 식힌다.
- 바) 계속 적정하여 용액의 색이 빨간색으로 변하는 것을 종말점으로 한다.

[메틸오렌지 지시약의 변색범위]

빨간색(red)  $\xleftarrow{\text{작다}} \text{pH} \xrightarrow{\text{크다}} 3.1 \sim 4.4 \rightarrow$  노란색(yellow)

- 사) 같은 방법으로 3회 반복 적정하여 적정에 소비된 0.1N-HCl 표준액의 평균값을 구한다. ...  $V'(mL)$

- 아) 적정량으로부터 0.1N-HCl 표준액의 역가(f)를 계산한다.

0.1N - HCl
f =
년 월 일

그림 IV-5 시약 약병 라벨

### 3) 역가(factor, f) 계산

표준액의 농도를 보정하기 위한 계수를 역가(factor)라 한다.

역가는 일정량의 표준물질과 당량으로 반응하는 표정하려는 용액의 표준물질 상당량의 비로 나타낸다.

$$f = \frac{\text{표준물질의 양}}{\text{표정하려는 용액의 표준물질 상당량}}$$

표준물질로 탄산수소칼륨( $KHCO_3$ ) W(g)을 칭량하여 표준용액 500mL를 조제한 후 25mL를 정확히 취하여 0.1N-HCl 용액을 표정하는데 사용하였다. 이 때 적정에 소비된 HCl 용액의 양이  $V'(mL)$ 이었다면, 역가는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f = \frac{\frac{W(g \text{ } KHCO_3)}{500(mL \text{ } KHCO_3 \text{ 용액})} \times 25(mL \text{ } KHCO_3 \text{ 적정에 사용})}{V'(mL \text{ } 0.1N-HCl) \times 0.010 \left( \frac{g \text{ } KHCO_3}{mL \text{ } 0.1N-HCl} \right)}$$

$$= \frac{W \times \frac{25}{500}}{V' \times 0.010}$$

여기서,  $f$  ; 0.1N-HCl 용액의 역가(factor)  
 $W$  ; 칭량한 탄산수소칼륨( $\text{KHCO}_3$ )의 양(g)  
 $V'$  ; 적정에 소비된 0.1N-HCl 용액의 양(mL)  
0.010 ; 0.1N-HCl 1mL의 탄산수소칼륨 상당량(g)이다.

사. 실습 보고서

실 습 일	200    년    월    일    요일    날씨:    기온:    ℃
실습 단원	표준용액 조제
실습 제목	산 표준용액조제 및 표정
실 습 자	과 학년 반 번 이름:    조

1) 실습재료 및 기구

재 료	
기 구	

2) 산의 정의

3) 관련지식

(1) 염산과 탄산수소칼륨의 반응식 :

(2) 0.1N -HCl 시약조제 방법 :

(3) 메틸오렌지 지시약 조제방법 :

4) 실습결과 및 계산

(1) 탄산수소칼륨( $\text{KHCO}_3$ ) 용액

칭량한 탄산수소칼륨의 양 W(g)	탄산수소칼륨용액 조제량 (mL)	적정에 사용한 탄산수소칼륨용액의 양 (mL)

(2) 적정에 소비된 0.1N-HCl의 양,  $V'$  (mL)

회	1	2	3	평균
0.1N -HCl의 소비량(mL)				

(3) 0.1N-HCl 표준액의 역가( $f$ ) 및 정확한 농도

$$f = \frac{W \times \frac{25}{500}}{V' \times 0.010}$$
$$= 0.1 \times f \quad (N)$$

구분	0.1N-HCl 참값농도	0.1N-HCl 제조농도	오차값	오차율	0.1N-HCl f값
값	0.1				

5) 실습 소감

아. 수행 평가

실습명	항 목	번호	항목별 채점방법	배점
산 표준 용액 조제 및 표정	실험 수행	1	－ 실험복, 보고서철, 계산기, 필기구, 자 등 실험에 필요한 준비물을 제대로 갖추었는가? － 용량플라스크, 피펫 등을 사용할 때 눈금을 눈 높이에서 표선과 일치시키는가? － 기구 파손이 없고 실험하는 태도가 성실한가? － 실험기구를 용도에 적합하게 사용하는가? － 제조한 용액의 개수와 조제량은 맞는가?  매우 우수 : 10점,    우수 : 8점,    양호 : 6점, 보통 : 4점,            불량 : 2점,    매우 불량 : 0점	10
	노르말 농도 조제	2	0.1N 염산 용액을 조제하였으면 5점, 나머지는 0점	5
		3	메틸오렌지 지시약을 제조하면 5점, 나머지는 0점	5
	적정	4	뷰렛의 0눈금에 용액을 맞추어 넣고 뷰렛의 눈금에 눈의 높이를 맞추며 적정하면 5점, 나머지는 0점	5
		5	종말점 부근에서 적정액을 천천히 떨어뜨려 변색 점을 정확히 찾으면 5점, 나머지는 0점	5
	미지 농도 측정	6	표준액의 역가를 구하는 계산과정이 맞으면 5점, 나머지는 0점	5
		7	학생의 실험 결과치와 모범답안과의 값 차이가 ±5% 이하인 경우                    20점 ±5% 초과 ~10% 이하인 경우    15점 ±10% 초과 ~20% 이하인 경우   10점 ±20% 초과 ~30% 이하인 경우    5점 ±30% 초과인 경우                   0점	20

자. 평가 문제

- 1) 역가란 무엇인가?
- 2) 염산과 탄산수소칼륨의 화학반응식을 쓰라.
- 3) 메틸오렌지의 변색 범위를 쓰라.
- 4) 시약용 염산(비중 1.18, 분자량 36.47, 순도 37.2%)의 노르말 농도를 구하고, 1N-HCl 500mL를 제조할 경우 취할 염산의 양은 얼마인가?

차. 쉬어가기

탄산수소칼륨(KHCO<sub>3</sub>)은 무색 단사계 결정이다. 비중은 2.17이고 굴절률은 1.482이며 26℃에서 용해도는 36.1g/100g 물이다. 100℃ 이상에서 분해하기 시작하여 190℃에서 이산화탄소와 물을 잃고 탄산칼륨이 된다. 수용액은 약한 알칼리성이다.