

## 2. 부피 측정

### 가. 실습 목표

- 액체의 부피 측정 원리를 이해할 수 있다
- 액체의 부피를 측정하는 기구의 구조 및 용도를 알 수 있다.
- 액체 부피를 측정하는 기구를 사용할 수 있다.

### 나. 실습 재료

증류수, 염화나트륨 (NaCl)

### 다. 기기 및 기구

메스 실린더, 미터 글라스, 피펫, 뷔렛, 스텐드, 메스 플라스크, 천칭, 칭량병, 깔대기, 세척병, 알코올 램프, 삼발이, 석면망, 시약병, 시험관, 스포이드, 컴퓨터, 프린터, 파라 필름

### 라. 관계 이론

액체의 부피 측정 기구에는 눈금 실린더 (measuring cylinder), 눈금 플라스크 (measuring flask), 피펫 (pipette) 등이 있다.

부피 측정 기구는 국가에서 검정한 것을 사용하여야 하며, 부피 측정 기구의 눈금은 표준 온도 ( $20^{\circ}\text{C}$ )에서의 부피를 나타내는 것이며, 특수한 온도에서 눈금을 새긴 것은 그 온도가 표시되어 있다.

#### 1) 씻기

부피를 측정할 때에는 먼저 기구를 깨끗이 할 필요가 있다. 특히 측정 기구의 안쪽 벽면에 기름 등이 묻어 있을 때에는 유리의 면이 완전히 용액에 젖지 않게 되며 이와 같은 현상은 오차의 원인이 된다.

일반적으로, 충분한 물로 기구의 바깥과 안쪽을 씻고, 비누액 또는 중성 세제액에 담가 두었다가 적당한 솔로 씻은 후 증류수로 헹군다.

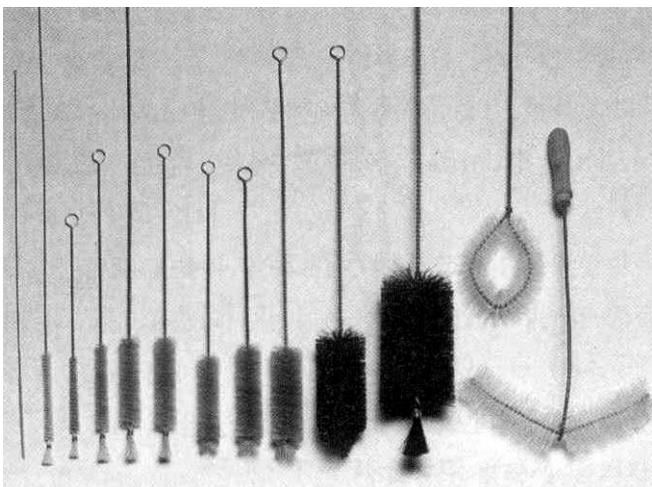


그림 III-6 세척 솔의 종류

일반적인 씻기 순서는 다음과 같다.

- 가) 기구 안에 들어 있는 내용물을 싱크대에 버린다.
- 나) 수돗물로 여러 번 헹군다.
- 다) 세제를 써서 솔이나 스펀지로 유리 기구의 바깥과 안쪽을 씻는다.
- 이 때에는 비누액 또는 중성 세제액에 담가 두었다가 씻은 후 중류수로 헹궈도 된다. 때로는 알코올, 에테르 등과 같은 유기 용매로 씻는다. 시험관은 밀바닥을 손가락으로 받쳐 주며, 플라스크는 바닥을 감싸주고 닦는다.
- 라) 세척병을 이용하여 중류수로 3~4회 헹구어 낸 후 건조시킨다.



그림 III-7 일반 유리기구의 씻기

만일, 세제로 닦고 씻어도 깨끗해지지 않거나 유기물을 많이 함유하고 있을 경우나 피펫과 같이 솔을 써서 닦기 어려울 때에는 세척 용액(cleaning solution)에 담가 두었다가 씻는다. 세척 용액은 중크롬산나

트륨과 황산을 혼합하여 만든다. 중크롬산나트륨 대신 중크롬산칼륨을 써도 되나 중크롬산나트륨이 중크롬산칼륨보다 용해도가 크므로 편리하다. 만드는 과정은 다음과 같다.

- 가) 중크롬산나트륨 13g을 물 100mL에 녹여 포화 상태로 만든다.
- 나) 진한 황산 85mL를 조금씩 부으면 섞는다.
- 다) 혼합하면 발열이 되므로 냉각시켜 사용한다.

이 용액은 공기 중에는 황산이 수분을 흡수하여 산화력이 약해지므로 마개를 닫고 보관한다. 이 용액의 색깔은 갈색이나, 유기물을 산화시킴에 따라 중크롬산 이온( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ )이 크롬산 이온( $\text{Cr}^{3+}$ )으로 환원되면서 녹색으로 변하므로 짙은 녹색이 되면 새로 만들어 사용해야 한다.

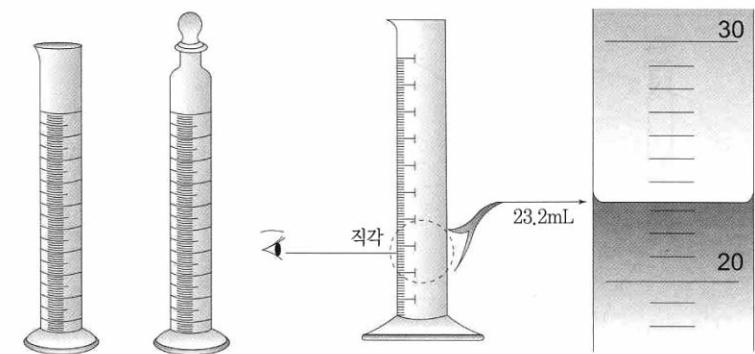
이 세척 용액은 산화력이 커서 유기물을 산화 분해시킨다. 그러므로 이 용액 속에 유리 기구를 오랫동안 담가 두면 유리가 약해져 파손되기 쉬우므로 오래 담가 두지 않는다.

## 2) 눈금 실린더(메스 실린더)

<그림 III-8>과 같이 원통의 유리 그릇에 눈금을 새긴 것으로, 대개 1mL까지 눈금이 매겨 있으므로 0.1mL까지 어렵으로 읽을 수 있다. 그러나 피펫이나 뷰렛보다 정확성이 없어 액체의 부피를 대강 측정하는데 사용되며, 정밀한 실험에는 사용할 수 없다.

크기는 10~2,00mL까지 있다.

대부분의 액체는 그림 (c)와 같이 공기와 접한 면이 표면 장력에 의해 오목한 반달 모양을 이루는데, 이를 메니스커스(meniscus)라 한다. 눈금을 읽을 때에는 메니스커스의 아래쪽면을 수평으로 보면서 읽는다.



(a) 눈금 실린더

(b) 공전 눈금 실린더

(c) 눈금 읽기

그림 III-8 눈금 실린더와 실린더 메니스커스의 눈금 읽는 법

### 3) 눈금 플라스크(메스 플라스크)

눈금 플라스크는 <그림 III-9>와 같이 가늘고 긴 목을 가진 플라스크로서, 표준 용액을 만들 때나 시료 용액을 일정한 비율로 뜁게 할 때 사용한다.

크기는 5~2,000mL의 다양한 종류가 있으며, 무색과 갈색의 두 종류가 있다. 메스 플라스크의 부피를 나타내는 눈금은 하나 있는 것(E 또는 TC로 표시)과 2개 있는 것(A 또는 TD로 표시)이 있다.

예를 들면, 100mL의 눈금 플라스크의 눈금 플라스크인 경우 E(또는 TC)까지 용액을 채우면 정확히 100mL가 되고, 다른 용기에 정확히 100mL를 뜁기려면 A(또는 TD) 까지 채운다.

눈금 플라스크로 표준 용액을 만들 때에는 비커 등의 다른 용기에서 시약을 녹인 다음에 눈금 플라스크에 뜁겨야 하며, 용질을 바로 눈금 플라스크에 넣거나 가열하면서 녹여서는 안 된다.

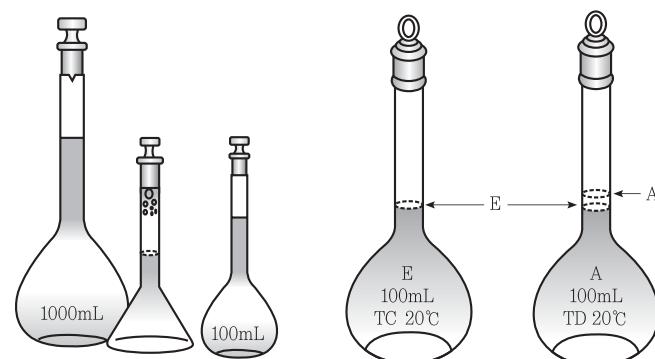


그림 III-9 눈금 플라스크

### 4) 피펫

피펫은 일정한 부피의 액체를 취하는 경우에 사용하는 매우 편리한 기구로, 일정량마다 눈금을 새긴 눈금 피펫(measuring pipette, 메스 피펫)과 피펫 규격 전량에 대하여 눈금을 붙인 홀 피펫(hole pipette)의 두 종류가 있다.

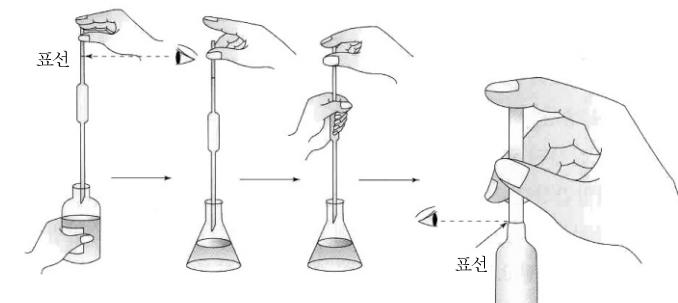
눈금 피펫은 일정한 간격으로 눈금이 그어져 있기 때문에 눈금이 있는 범위 내에서 자유로이 액체의 부피를 취할 때 사용하며, 홀 피펫은 일정한 부피의 액체를 취할 때 사용한다.

피펫으로 용액을 뜬 후 그 끝에 남아 있는 용액 방울은 용기의 안쪽 병에 피펫 끝을 대어 저절로 흘러내리게 한다.



그림 III-10 피펫의 종류

얼마 정도 시간이 지난 후에도 약간의 용액이 피펫 끝 부분에 남아 있게 된다. 그러나 피펫은 남아 있는 이러한 용액에 대하여 이미 보정된 부피를 가지고 있으므로 그대 남겨 두어야 하며, 절대로 입으로 불거나 하여 남아 있는 용액을 뜯길 필요는 없다.



## 5) 뷔렛

뷔렛은 그림과 같이 일정한 굽기의 유리관에 0.1mL마다 눈금이 새겨져 있고 아랫부분 조절 장치인 콕의 조절로 액체를 흘러내리게 하여 떨어진 액체의 정확한 양을 측정할 수 있도록 되어 있으며, 대부분의 경우 뷔렛은 적정(titration)에 사용한다. 보통 그 부피가 25mL와 50mL의 것을 가장 많이 사용하고, 무색과 갈색의 것이 있다.

한 눈금 0.1mL의 0.1까지 눈대중으로 읽을 수 있으므로 0.01mL까지 측정할 수 있다.

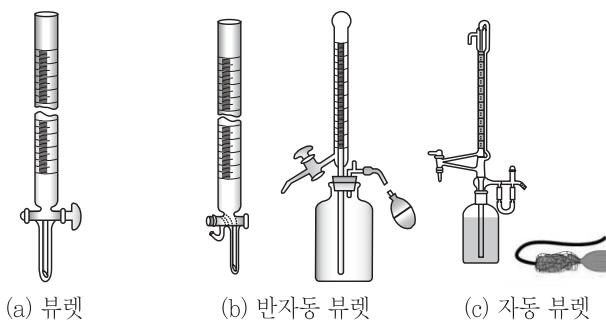


그림 III-13 뷔렛의 종류

갈색 뷔렛은 과망간산칼륨 용액과 같이 감광성이 크거나 빛에 불안정한 용액에 사용한다.

뷔렛 조절 장치는 <그림 III-14>와 같이 세 종류가 있다.

스톱 콕은 유리로 된 것과 텤플론(teflon)으로 된 것이 있는 데, 텤플론 스톱 콕은 바셀린을 바를 필요가 없으나, 유리 스톱 콕은 바셀린을 발라서 공기가 새지 않도록 해야 한다.

뷔렛 내의 용액의 높이는 눈금 실린더를 사용할 때와 같이 용액의 메니스커스의 가운데 아래쪽을 읽는다.

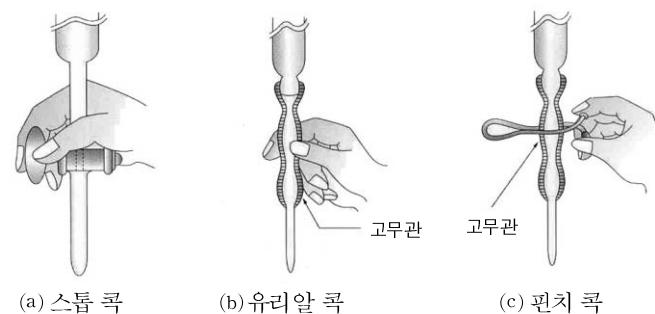


그림 III-14 뷔렛 조절 장치의 종류

눈금의 위치를 읽을 때에는 검정색으로 칠한 종이를 뷔렛 앞쪽으로 메니스커스의 바로 밑에 대어서 그늘지게 하면 정확히 읽을 수 있다.

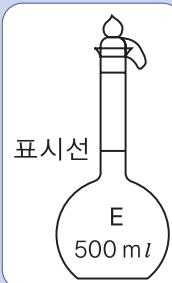
뷔렛 내에 사용하고 있는 용액을 너무 오랫동안 방치하지 말고, 실습이 끝난 후 물로 씻고 중류수를 넣어 두면 다음 실습에 사용하기 편리하다. 특히, 알칼리성 용액(NaOH 등)은 유리를 부식시키므로 절대로 뷔렛에 오랫동안 담아 두지 말고 잘 씻어 두어야 한다.

## 마. 안전 및 유의사항

- 1) 부피 측정 기구는 대부분 유리로 만들어져 있으므로, 깨어지지 않도록 조심하여 취급한다.
- 2) 정확한 값을 얻기 위하여 정밀하게 측정하도록 한다. 특히, 눈은 항상 액체 윗면의 높이와 같이 수평면 위에 오도록 하여 액체 윗면의 위치를 확인하고 눈금을 정확히 읽도록 한다.
- 3) 피펫으로 액체를 빨아들일 때에는 피펫을 액체 속에 알맞게 넣고 빨아들이도록 한다.
- 4) 끝 부분이 파손된 피펫이나 뷔렛은 정확하지 못하므로, 정밀한 실습을 할 때에는 이를 버리고 파손되지 않은 것을 사용하도록 한다.
- 5) 유리 기구를 세척할 때 어떠한 부분에라도 지나친 힘을 가하거나 비틀지 않도록 한다.
- 6) 유기 용매나 세척 용액으로 세척할 때에는 손이나 의복에 묻지 않도록 하고, 사용한 세척액은 회수한다.

## 바. 실습 순서

## 1) 메스 플라스크를 사용하여 20% NaCl 수용액 500mL 제조



메스 플라스크를 중성 세제로 씻은 후 중류수로 수회 헹군다.

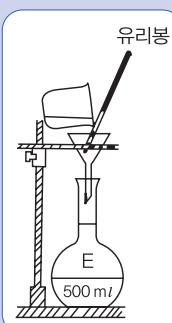
500mL 메스 플라스크에 중류 수 약 100mL 정도를 넣는다.

천칭을 사용하여 염화나트륨을 100g 을 측량한다.

염화나트륨을 비커에 옮기고 물 약 100mL를 넣어 녹인다.

깔대기를 사용하여 메스 플라스크에 옮긴다.

비커를 안을 세척병을 이용하여 씻고 메스 플라스크 안에 넣는다.



깔대기의 내면과 바깥에 면을 세척병을 사용하여 씻어서 메스 플라스크안에 떨어드린다.

세척병으로 조심스럽게 물을 조금씩 넣어 물의 윗면이 표준선으로부터 1cm 정도까지 오도록 채운다.

표준선으로부터 1cm 정도인가?

아니오

예

스포이드로 조심스럽게 물을 한 방울씩 넣어, 물의 높이가 표시선과 일치하도록 한다.

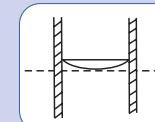
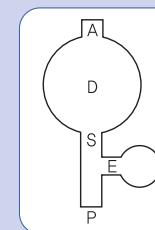
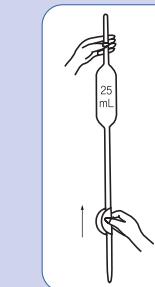
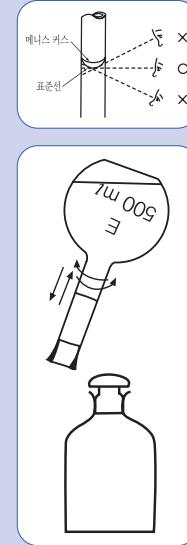
표준선과 일치하는가?

아니오

예

파라 필름으로 마개를 하여 거꾸로 하여 잘 흔들어 섞고 바르게 하고 이것을 반복하여 완전히 균일한 농도로 한다.

조제한 액으로 시약병을 몇 번 헹구고 시약병으로 옮기고 라벨을 붙인다.



## 2) 홀 피펫의 사용방법

피펫을 깨끗이 세척하고 중류수로 수회 헹군다.

피펫 바깥쪽에 붙은 물은 여과지로 닦아 낸다.

피펫의 위부분에 피펫 필러를 끼워 넣는다.

피펫 필러의 A와 D를 눌러 피펫 필러 내의 공기를 빼낸다.  
피펫의 끝부분을 비커에 넣고 피펫 필러 S을 눌러 제조한 20% NaCl 수용액을 천천히 약간 빨아 올린다.

소량의 액을 이용하여 피펫을 옆으로 움직여 안쪽 벽에 붙어 있는 중류수를 헹군다.(표시선보다 조금 위까지)

2~3회 헹구었는가?

아니오

예

피펫의 끝부분을 비커에 넣고 피펫 필러 S을 눌러 표준선 보다 약간 윗부분까지 천천히 빨아 올린다.

피펫을 비커 위에 수직으로 세운 다음 피펫 필러의 E를 눌러 표준선의 위치를 눈의 높이와 같은 높이의 수평면 위에 오도록 피펫을 똑바로 들고, 물의 표면과 표시선이 일치되는가를 정확히 확인한다.

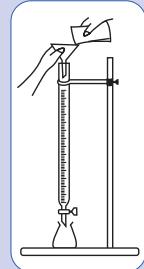
물의 표면과 표시선이 일치되는가?

아니오

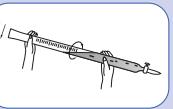
예

피펫의 끝 부분을 삼각 플라스크 안쪽 벽에 살짝 댄 다음, 피펫 필러의 E를 눌러 흘려 내린다.

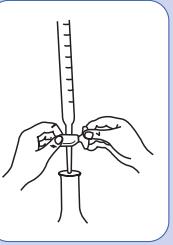
## 3) 뷰렛의 사용 방법



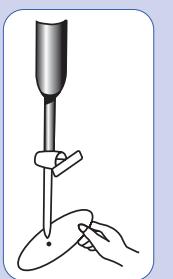
뷰렛을 세척하고 중류수로 몇 번 헹구고 스텐드에 뷰렛을 장치한다.



문어 있는 중류수를 여과지를 이용하여 닦아 내고, 뷰렛의 코그를 잠그고 제조한 20% NaCl 수용액을 깔대기를 이용하여 5mL 정도 넣는다.



뷰렛을 떼어내어 옆으로 하여 돌리면서 안쪽 벽을 헹구고, 뷰렛을 세워, 콕을 돌려 액을 앞 끝에서 빼내고 콕 하부의 안쪽 벽을 헹군다.



2~3회 헹구었는가?

아니오

예

뷰렛의 윗부분에 깔때기를 올려 놓고 비커로 뷰렛의 0.00mL의 눈금보다 약간 위까지 물을 넣은 다음 깔때기를 뗈다.

비커를 뷰렛 바로 아래의 스텐드 위에 놓은 다음, 콕을 두 손으로 잡고 조작하여 남은 물을 비커에 흘려 보내어 액체의 면을 정확하게 0.00mL의 눈금에 맞춘다.

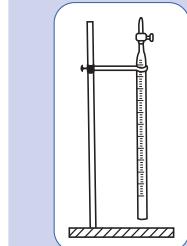
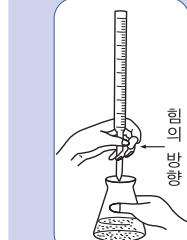
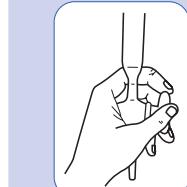
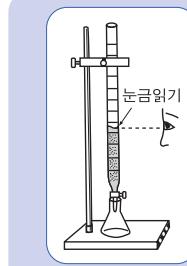
정확히 맞추었는가?

아니오

예

뷰렛 밑 끝의 액방울을 여과지나 뷰렛을 가볍게 흔들어 제거한다.

삼각 플라스크를 뷰렛 밑에 놓고, 왼쪽손으로 콕을 잡고 오른손으로 꼭을 돌려 천천히 떨어드린다.



콕을 열어 20% NaCl 수용액을 수 mL를 떨어뜨린 다음, 콕을 다시 닫고 그 때의 눈금을 읽는다. 기록한.(0.01mL 까지)

여러 번 반복하였는가?

아니오

예

양 손 조작이 익숙해 졌으면 왼쪽 손만으로 콕을 잡는다.

삼각 플라스크에 물을 약간 넣고 오른손으로 잡은 다음, 손목과 손가락을 잘 움직여 플라스크 자체는 별로 움직이지 않으면서 속에 든 물 만을 조용히 회전시킨다.

뷰렛은 왼손으로, 삼각 플라스크는 오른손으로 잡고 삼각 플라스크의 위부분을 뷰렛 끝으로부터 밑으로 약 1.5cm 되는 위치에 오도록 한 다음, 왼손으로 콕을 조작하여 20% NaCl 수용액을 삼각 플라스크에 떨어뜨리면서 오른 손으로는 삼각 플라스크를 움직여 액체가 고루 잘 섞어지도록 흔들어 준다.

콕을 열어 물을 수 mL를 떨어뜨린 다음, 콕을 다시 닫고 그 때의 눈금을 읽는다(0.01mL까지). 여러번 반복 한다.

적정이 끝나면 뷰렛을 깨끗이 씻고 뷰렛을 거꾸로 하여 보관한다.

## 사. 실습 보고서

실습 일	200 년 월 일	요일	날씨:	기온: °C
실습 단원	부피 측정			
실습 제목				
실습 자	과 학년 반 번	이름:	번	조

## 1) 실습 재료 및 기구

재료	
기구	

## 2) 메스 플라스크를 사용하여 20% NaCl 수용액의 제조

사용한 메스 플라스크(mL)	칭량한 염화나트륨 수용액의 양(g)

## 3) 뷰렛의 사용법

## 가) 한 손을 사용하는 방법

회 수	1회	2회	3회	평균	한 방울의 mL
떨어뜨린 mL					
떨어진 방울 수					

## 나) 두 손을 사용하는 방법

회 수	1회	2회	3회	평균	한 방울의 mL
떨어뜨린 mL					
떨어진 방울 수					

## 아. 수행 평가

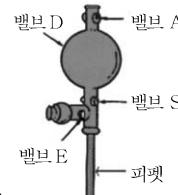
실험 과제명	세부사항	항목 번호	항목별 채점 방법	배점	학생	교사
부피 측정	실험수행 전반	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>실험복, 보고서철, 교과서, 계산기, 필기구, 자, 등 실험에 필요한 준비물을 제대로 갖추었는가?</li> <li>용량플라스크, 피펫, 메스실린더 등을 사용할 때 눈금을 눈높이에서 표선을 일치시키는가?</li> <li>기구 파손이 없고 실험 태도가 성실한가?</li> <li>실험기구를 용도에 적합하게 사용하는가?</li> <li>제조한 시약의 개수와 조제량은 정확한가?</li> </ul>	10		
			매우 우수: 10점, 우수: 8점, 양호: 6점, 보통: 4점, 불량: 2점, 매우 불량: 0점			
		2	천칭을 사용하여 염화나트륨 100g을 정확히 측량하면 5점, 나머지는 0점	5		
		3	메스 플라스크를 사용하여 표선까지 일치시킬 때 스포이드를 사용하면 10점, 사용하지 않으면 5점, 일치시키지 못하면 0점	10		
		4	피펫 필러를 사용할 줄 알면 5점, 나머지는 0점	5		
	뷰렛 사용법	5	홀 피펫을 사용할 줄 알면 5점, 나머지는 0점	5		
		6	뷰렛을 사용하기 전에 종류수로 행구면 5점, 나머지는 0점	5		
		7	뷰렛 사용시 측정할 액으로 행구면 5점, 나머지는 0점	6		
		8	뷰렛 사용시 깔때기를 사용하면 5점, 나머지는 0점	5		
		9	뷰렛 사용시 부피를 읽을 값이 소수 둘째자리 까지 읽으면 5점, 나머지는 0점	5		
		10	뷰렛 사용시 양손을 사용하면 10점, 한손을 사용하면 5점, 나머지는 0점	10		
		11	뷰렛 사용시 적정이 끝나면 깨끗이 씻고 뷰렛을 거꾸로하여 보관하면 5점, 나머지는 0점	5		

실습 일	200 년 월 일	평가 결과	총 평
실습 자			
지도교사	(인)		

## 자. 평가 문제

1) 피펫에 들어 있는 용액을 빼내기 위하여 눌러야 할 밸브는?

- ① 밸브 A
- ② 밸브 D
- ③ 밸브 E
- ④ 밸브 E
- ⑤ 밸브 A와 밸브 E



2) 피펫에 정확한 용액을 넣고 빼기 위해 필요한 기구는?

- ① 뷰렛
- ② 스텐드
- ③ 스포이드
- ④ 피펫 필러
- ⑤ 메스 플라스크

3) 부피 측정 기구로 적당하지 않은 것은?

- ① 피펫
- ② 뷰렛
- ③ 윗접시천칭
- ④ 메스 실린더
- ⑤ 메스 플라스크

4) 부피의 단위로 올바른 것은?

- ① mL
- ②  $\mu\text{m}$
- ③  $\text{m}^2$
- ④ kg
- ⑤ cal

5) 세척 용액을 만들 때 사용하는 시약은?

- ① 진한 황산과 중크롬산나트륨
- ② 진한 염산과 중크롬산나트륨
- ③ 진한 질산과 중크롬산나트륨
- ④ 진한 초산과 중크롬산나트륨
- ⑤ 진한 인산과 중크롬산나트륨

### 자료실

<http://www.imnews.imbc.com>

## 차. 쉬어 가기

한낮의 주유, 얼마나 손해?

뜨거운 햇살이 내리쬐는 오늘 낮 서울의 한 주유소 기름을 넣으려는 차량들이 실새없이 든다. 그런데 휘발유는 기온이 올라가면 팽창하는 성질이 있다.

따라서 여름철에는 같은 가격의 기름을 넣어도 실제 자동차에 들어가는 양은 겨울보다 적다.

26°C 상온에 있던 휘발유 20L를 기준 탱크에 봇고, 부피 팽창이 가장 적은 4°C의 냉장고에서 하루 동안 보관했더니 20L 즉 0에 눈금이 맞춰졌던 휘발유가 0.5L 줄어들었다.

온도가 22°C 떨어지면서 부피는 2.5%, 1°C 내려갈 때마다 휘발유의 부피가 0.11% 줄었다.

낮 최고 기온은 30°C일 때 70L의 휘발유가 들어가는 중형 차량에 기름을 가득 넣을 경우, 유류 거래 기준 온도인 15°C에서 휘발유를 가득 채울 때보다 1.16L, 천 8백원 정도 손해를 보게 되는 셈이다.

이 때문에 더운 여름철에는 정유사가 주유소에 휘발유를 공급할 때 기온이 올라간 만큼 가격을 깎아주고 있다.

하지만 날씨를 이유로 주유소가 일반 소비자에게 기름값을 깎아주는 곳은 없다.

현재로선 이런 아침이나 늦은 저녁에 휘발유를 주유하는게 소비자들의 피해를 줄일 수 있는 유일한 방법입니다.

최근 미국의 소비자단체들은 '뜨거운 기름'으로 인한 손실액이 올 여름에만 1조 3천억원에 달할 것으로 추정하고 정유사를 상대로 집단 소송을 벌이고 있다.

