

3. 온도 측정

가. 실습 목표

- 1) 온도계의 종류와 취급 방법을 할 수 있다.
- 2) 온도 측정 할 수 있다.

나. 실습 재료

황산나트륨( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), 얼음

다. 기기 및 기구

온도계, 교반기, 비커, 모래 중탕, 둥근바닥 플라스크, 유리 원통, 유리 관, 열전쌍 고온계, 스탠드, 링클램프, 클립, 삼발이, 알코올 램프, 석면 망, 비등석

라. 관계 이론

1) 온도의 개념과 단위

가) 온도의 개념

우리들의 신체의 일부가 물체에 접촉하면 덥고 차가운 감각을 느끼게 되는데, 이때 덥고 차가운 정도를 나타낸 척도가 온도이고, 그 수치를 물리적으로 측정하기 위하여 물체에 접촉시키는 계기가 온도계이다. 이는 물체의 온도 측정에 사용되는 열평형의 원리를 이용하고 있는 것이다.

나) 온도 단위

온도계를 이용하여 열평형된 상태를 온도계를 이용하여 나타내는 방법으로는 그 영도의 위치와 눈금 간격을 정하기 위한 온도 정점을 사용하여 표시하며, 1990년 국제 도량형 총회에서 결정 된 것으로, 온도를 표현하는 눈금에는 열역학적인 온도눈금(열역학적 켈빈온도, 열역학적 셀시우스온도)와 실용온도 눈금(켈빈온도, 셀시우스 온도)이 있다.

2) 온도 측정 방법 및 온도계의 종류

가) 온도 측정 방법

일반적으로 온도계 구성은 온도를 감지하는 측온부(온도검출단), 측온부에서 감지한 온도를 직접 또는 간접으로 표시하는 표시부(수신계기) 및 측온부와 표시부를 연결시켜 주는 도선 또는 배관으로 구성된다. 그러나 액체 유리 온도계와 같이 측온부와 표시부가 일체형으로 된 것도 있다. 온도계는 측정 방법에 의해 측온부를 피측정 물체에 직접 접촉시켜 온도를 측정하느냐, 접촉시키지 않고 측정하느냐에 따라서 접촉법과 비접촉법으로 분류한다

<표 III-2>에서는 온도측정 방법인 접촉법과 비접촉식을 비교하였다.

<표 III-2>                      접촉식과 비접촉식의 비교

구분	접촉식	비접촉식
측정 조건	<ul style="list-style-type: none"><li>• 온도 측정 물체에 측온부를 충분히 접촉시킬것</li><li>• 실용상 측온체 접촉시 피측정 물의 온도가 변하지 않을 것</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 온도 측정 물체로부터 방사되는 방사 에너지가 측온부에 충분히 감지되도록 할 것</li></ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"><li>• 피측정 물체에 측온부 접촉시 온도가 변하는 작은 물체의 온도측정은 곤란</li><li>• 이동 물체의 온도 측정은 곤란</li><li>• 물체의 내부 온도 측정 용이</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 피측정 물체의 온도를 일정하게 하면서 온도를 측정</li><li>• 이동 물체의 온도 측정 용이</li><li>• 물체의 표면 온도 측정 용이</li></ul>
온도 범위	• 1,000℃ 이하 온도측정 용이	• 1,000℃ 이상 온도측정 용이
오차	• 일반적으로 눈금폭의 1% 정도 측정조건에 따라서는 0.01도 까지 측정가능	• 일반적으로 20도 정도이고, 양호해도 10도 정도이다.
측정 시간	<ul style="list-style-type: none"><li>• 일반적으로 길다.</li><li>• 측정조건에 따라서 양호하면 1분, 불량하면 1시간</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 일반적으로 짧다. 길어도 10초 이내이다.</li></ul>

나) 온도계의 종류

온도계의 종류는 유리제 온도계, 압력식 온도계, 바이메탈식 온도계, 저항식 온도계, 열전식 온도계, 방사 온도계 등이 있으며, 온도측정 원리에 따른 온도계 분류는 <표 III-3>과 같다.

<표 III-3> 측정 원리에 따른 온도계 분류

측정 방식	원리		변환량	기기 및 계측요소
접촉 방식	열팽창 현상	고체	변위	바이메탈 온도계, 금속제 봉상 온도계
		액체	액위 · 압력	유리 온도계, 액체상태(수은, 일반 유기물)압력 온도계
		기체	액위 · 압력	기체 온도계(정압, 정적형), 기체상태 압력온도계
	전기저항변화	금속	정저항	저항식 온도계(Pt, Ni, Cu)
		반도체	부저항	써미스터 온도계
	열전 효과		전압	열전식 온도계(B, R, S, K, E, J, T)
	상태변화	용융점	변형	제겔 콘
		증기압	압력	증기압 온도계
	물자의 색변화		변색	시온시료
	열량 변화		열량	열량계식 온도계
비접촉 방식	열 잡음		전압	잡음 온도계
	수정 진동		주파수	수정 온도계
	열방사 현상	방사광	광의 강도(휘도)	광 고온계
		전방사	전압	방사 온도계(써모파일형)
		방사광	색	색 온도계
		광전 효과	전류	광전관 온도계
		열선(적외선)	전압	적외선 온도계 (초전도체형, 반도체형)

3) 온도 측정 원리

가) 유리제 온도계

유리제 온도계는 <그림 III-15>에서 나타난 바와같이 수은 온도계처럼 주입액(수은 또는 유기용액)을 수용하는 작은 구형 또는 원관 형으로 되어 있는 측온부와 액체의 열팽창에 의한 액위변화를 수용하는 전달부인 미세관과 표시부에 해당하는 온도 눈금부로 구성되며 일체형으로 되어 있다.

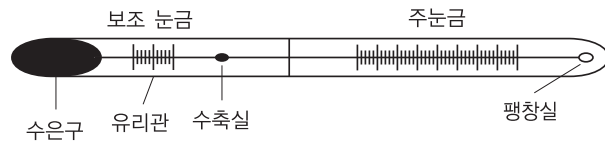


그림 III-15 수은 온도계

나) 압력식 온도계

압력식 온도계는 바이메탈식 온도계와 함께 기계식 온도계라 칭한다. 압력식 온도계의 구조는 감온부(측온부: 감온관, 접촉부: Bulb), 모세관(전달부: Capillary), 지시부(표시부: Boudon Tube) 3부로 구성되어 있으며, 전체 내부 주입물(액상, 증기상, 기상)을 주입시킨 상태에서 감온부에 피측정물체의 온도가 가해지면 그에 따른 내부 주입물의 팽창(체적팽창)에 의해 발생하는 압력이 모세관으로 전달 브로돈 관으로 입력된다.

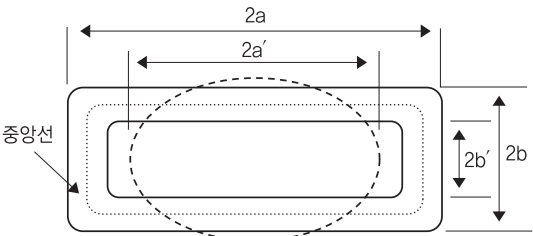
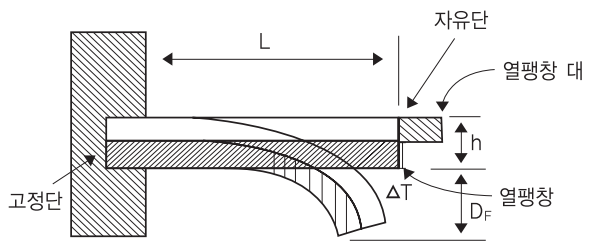


그림 III-16 브로돈 관 단면

다) 바이메탈식 온도계

바이메탈이란 열팽창계수가 다른 2종의 금속박판을 압연접착(열간압연접착, 냉간압연접착) 시킨 것으로 두께는 0.1~2mm 정도이다. <그림 III-17>에 나타난 바와 같이 가해진 온도에 비례하여 열팽창계수가 작은



L : 작동 길이[mm]  
ΔT : 온도차[℃]  
h : 두께[mm]  
D\_F : 온도변화에 의한 편위[mm]

그림 III-17 평판형 바이메탈의 기본원리

금속쪽으로 굴곡변형이 일어나며, 단위 온도 변화당 굴곡변형량을 지하여 온도로 환산한다.

#### 라) 저항식 온도계

도체에 있어서의 전기저항은 온도에 따라 변화하게 되며 이러한 성질을 이용 단위온도 변화당 저항 변화분을 알고 미지의 온도에 대응된 변화 저항만을 측정하여 미지의 온도를 측정하는 온도 측정방식이다.

#### 마) 열전식 온도계

금속은 그 종류에 따라서 자유전자의 밀도가 다르고 고온이 될수록 그 밀도는 증가한다. 자유 전자의 밀도가 다른 2종의 금속을 접촉시키면 자유전자는 그 밀도가 큰 측으로부터 작은 측으로 확산이 일어나고 그 역의 방향으로 전류가 발생한다. 이 전류를 접촉전류라 하고 이에 따라 양금속 간에는 전위차가 발생한다. <그림 III-18>의 A, B 양금속선 양 끝단 접합점 온도가 동일하면 각선 양끝단의 전위차는 없으나, (a)와 같이 양 끝단에 온도차를 두면 양 접합점에는 접촉전위차 불평형(b)이 발생하고 저온측 접합점에서 A로부터 B측으로 전류가 흐른다면 도체 A는 도체 B에 대해서 +의 극성을 가졌고, A에서는 고온에서 저온측으로 B는 저온에서 고온측으로 열전류가 흐르게 된다. 이때 양 접합점 중 한쪽의 온도를 일정하게 유지시키면 다른 한쪽의 변화해가는 미지의 온도에만 관계하는 기전력을 측정 온도로 환산하여 온도를 측정한다.

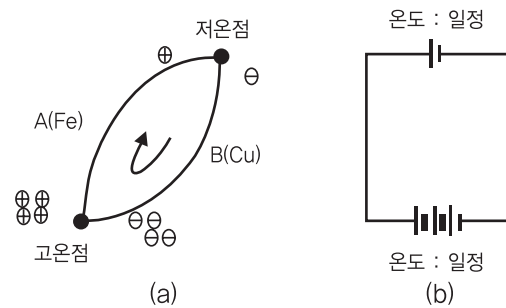


그림 III-18 열전기력의 원리

#### 바) 방사 온도계

모든 물체는 표면으로부터 절대온도 0K 이상의 온도에서 방사에너지를 방출하고 온도가 상승할수록 방사에너지도 일반적으로 증가하며 또한 역으로 외부로부터 방사에너지도 흡수한다. 온도변화에 따른 전기저항 변화를 감지해서 온도를 측정하며 거의 상온용을 사용한다.

또한, 집전검출기는 온도 변화에 따라 발생하는 자발분극에 의한 기전력을 감지 온도로 측정한다.

#### 4) 열전대 온도계와 측온저항 온도계

##### 가) 열전대 온도계

열전대는 구조적으로 간단하고 조작이 간편하여 산업 현장이나 실험실 등에서 많이 쓰이는 전기 신호식 온도계이다.

측정값이 전기적 신호인 전압크기로 출력되어 측정값을 먼 거리까지 전송할 수 있어 중앙제어에 유용하게 활용되고 있는 범용의 온도센서이다. 열전대는  $-273^{\circ}\text{C}$ 부터  $3,000^{\circ}\text{C}$ 까지 광범위한 측정범위와 0.1~1%의 정밀도를 갖고 있다.

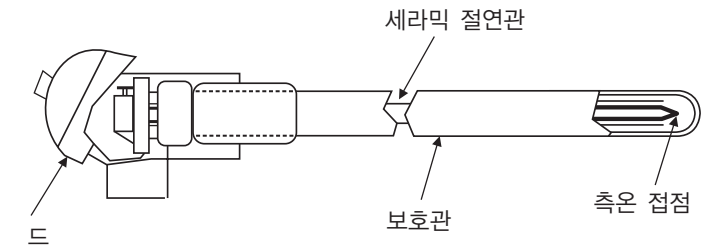


그림 III-19 열전대의 구조

##### 나) 측온저항체 온도계

금속은 고유 저항값을 갖고 있으며 그 전기 저항은 온도에 따라 일정하게 변하는 성질을 가지고 있다. 이러한 특성을 이용하여 순도가 아주 높은 금속선을 감온부로 만들어 온도측정 대상체에 접촉시켜 온도를 감지하게 한다. 그리고 온도 크기에 따라 변한 저항값을 저항측정기로 계측하여 온도 눈금으로 바꾸어 읽는 전기식 온도계를 만들 수 있다. 이 온도계가 측온저항체 온도계(RTD: Resistance Temperature Detector)이다.

#### 5) 유리 온도계의 보정

유리 온도계로 측정한 온도는 모세관의 굽기가 일정하지 않거나, 유리가 조금씩 수축되어 있든지, 또는 봉입액의 팽창이 온도에 따라 약간씩 다르다는 등의 이유 때문에 눈금의 간격이 같은 간격으로 되어 있더라도 반드시 정확하다고 단정할 수 없다.

따라서, 이들 온도계를 사용할 때에는 미리 검정해 놓을 필요가 있다.

#### ☑ 자료실

<http://www.autocontrol.co.kr>

일반적으로 순수한 물질의 녹는점, 끓는점, 전이점 등의 물리 상수는 일정한 압력에서는 항상 일정하므로 이러한 성질을 이용하여 온도계를 검정하고 이를 보정할 수 있다.

먼저, 얼음을 녹이면서 온도를 측정하여 0℃일 때 온도계가 가르키는 눈금을 읽고, 이어 함수 황산나트륨의 전이점을 측정하여 32.38℃일 때 온도계가 가르키는 눈금을 읽어 기록한 다음, 물을 끓이면서 온도를 측정하여 100℃일 때 온도계가 가르키는 눈금을 읽어 이들의 결과를 표로 만든다.

그리고 이 표를 바탕으로 하여 검정한 온도계가 가르키는 눈금이 정확한 온도의 몇 ℃에 해당하는가를 나타내는 보정표를 만든다.

지금, 어느 온도계를 검정한 결과를 정리한 것이 표와 같다고 한다면 이 때의 보정표는 그림과 같이 나타낼 수 있다.

〈표 III-4〉 검정 결과표

정확한 온도 (t℃)	온도계가 가르키는 온도 (t'℃)	눈금차 [(t'-t)℃]
0.00	0.5	0.5
32.38	31.5	-0.9
100.00	102.5	2.5

만약, 위에서 검정한 온도계로 측정한 온도가 55.0℃이었다면, 이 때의 정확한 온도는 보정표를 써서 다음과 같이 구할 수 있다.

$$55.0 + 0.3 = 55.3℃$$

즉, 이 온도계가 55.0℃일 가르킬 때의 정확한 온도는 55.3℃이다.

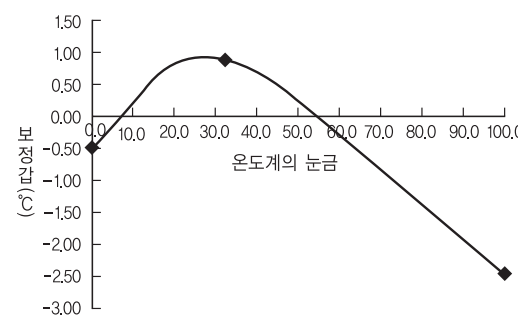
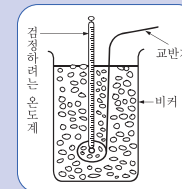


그림 III-20 유리 온도계의 보정표



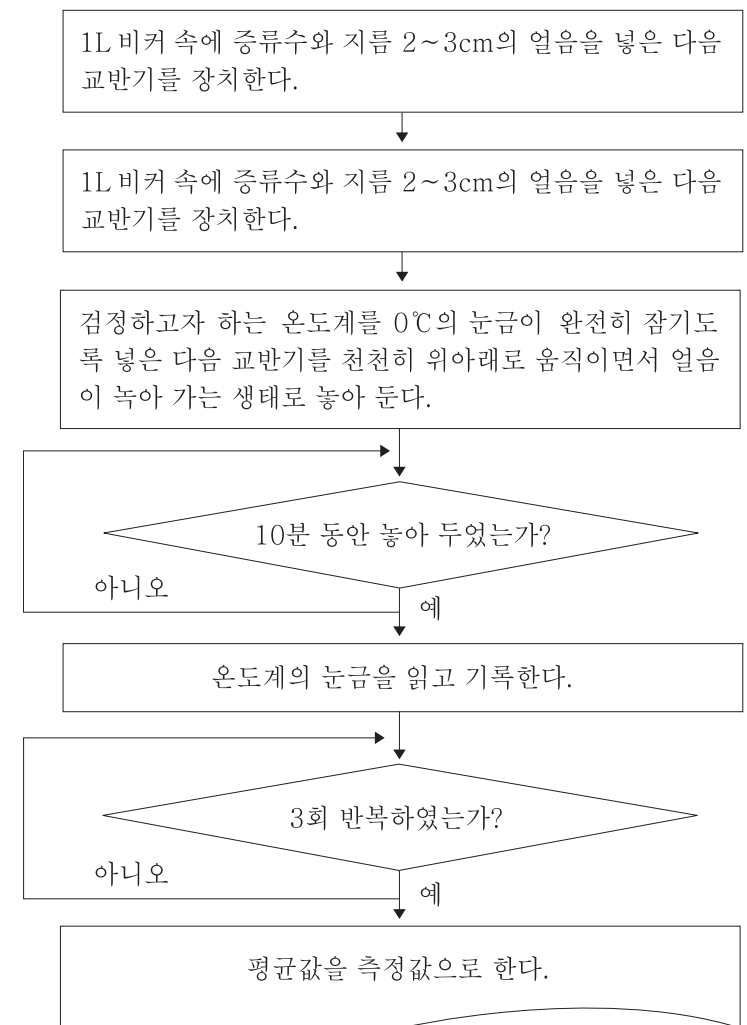
## 마. 안전 및 유의사항

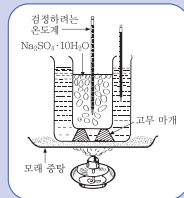
- 1) 보통의 유리 막대 온도계로 온도를 측정한 후 급랭시키면 안된다.
- 2) 온도를 측정할 때 온도계를 그릇의 밑바닥이나 벽에 닿지 않도록 한다.
- 3) 온도계로 시료를 젓지 않도록 한다.

## 바. 실습 순서

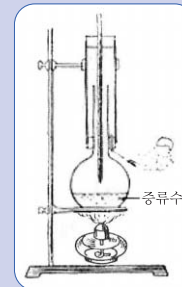
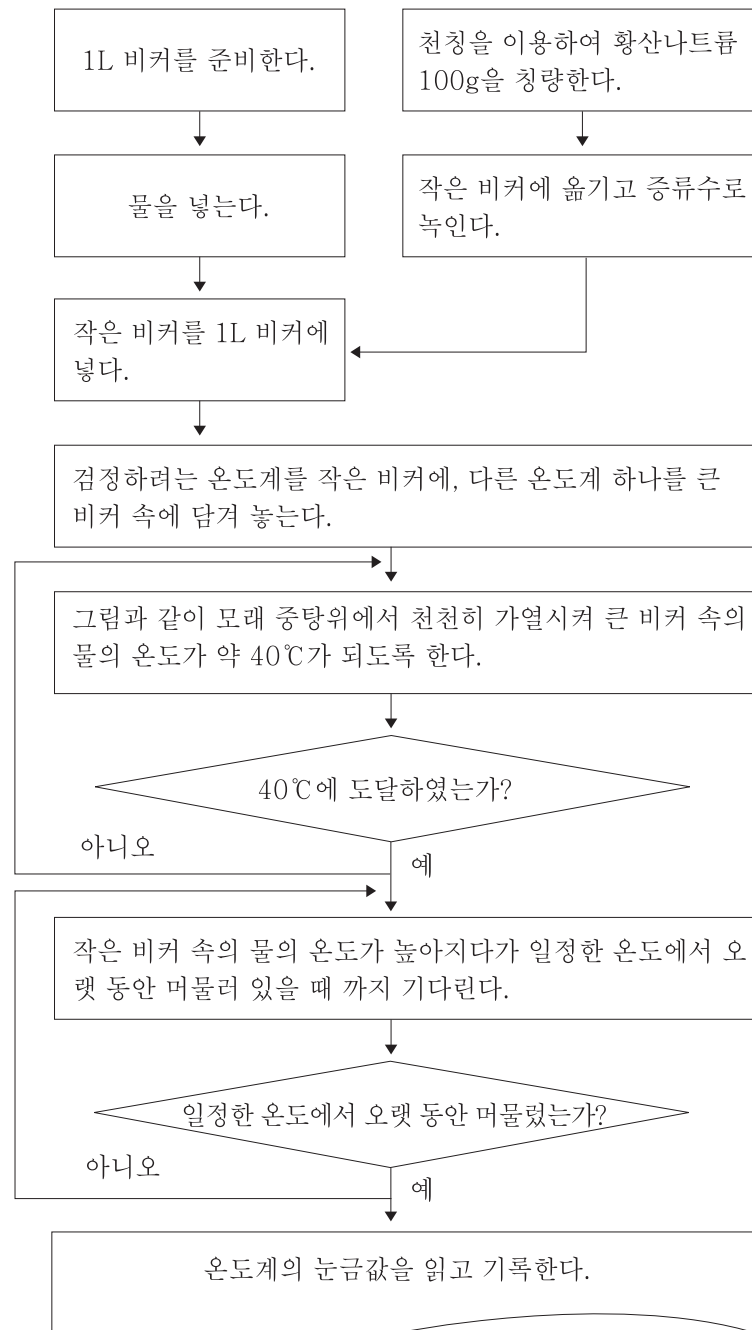
### 1) 100℃ 유리 온도계의 교정

#### 가) 0℃의 검정

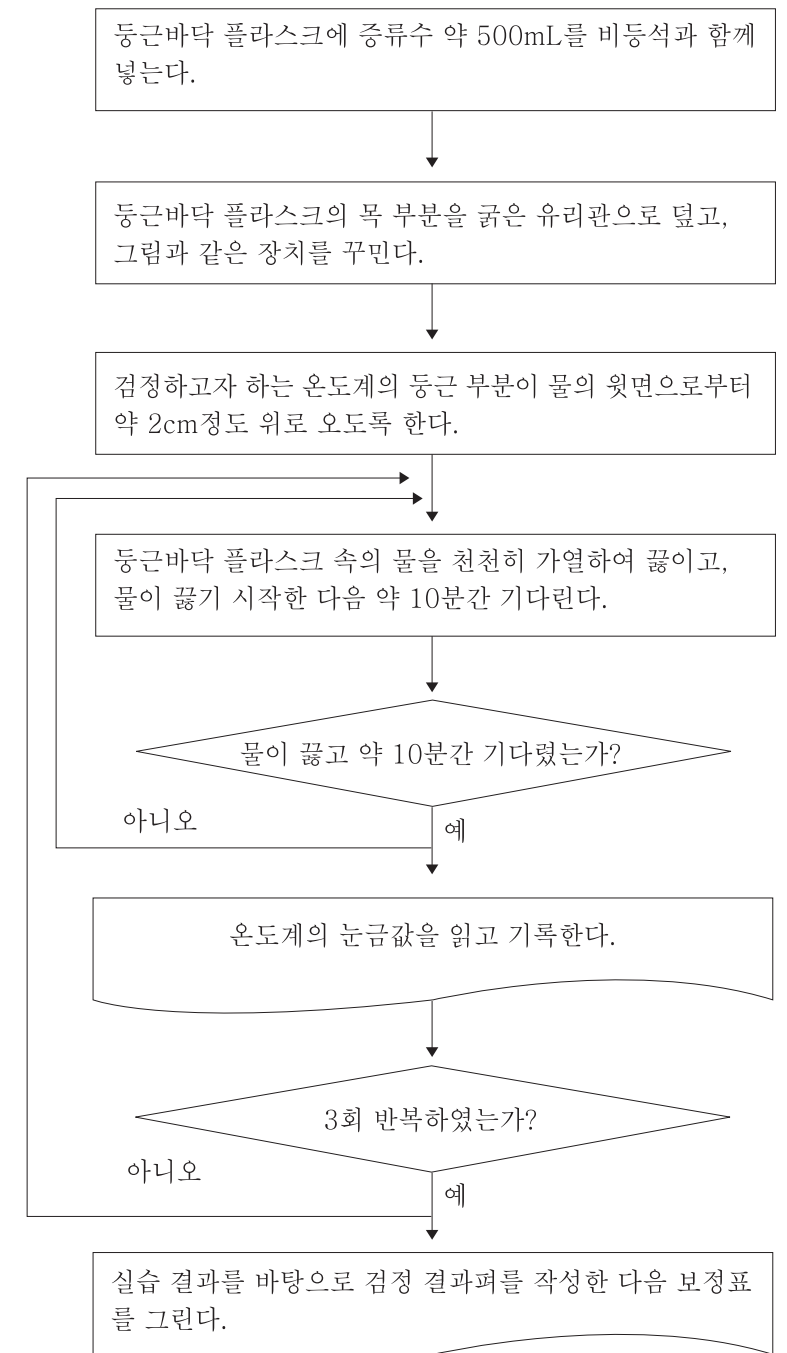




나) 32.83℃의 검정

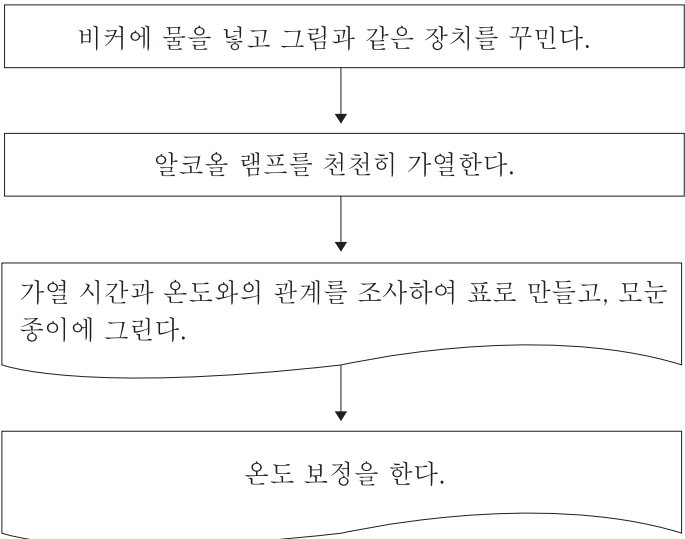
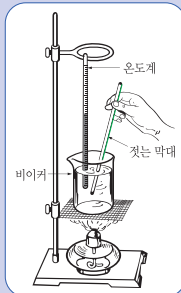


다) 100℃의 검정

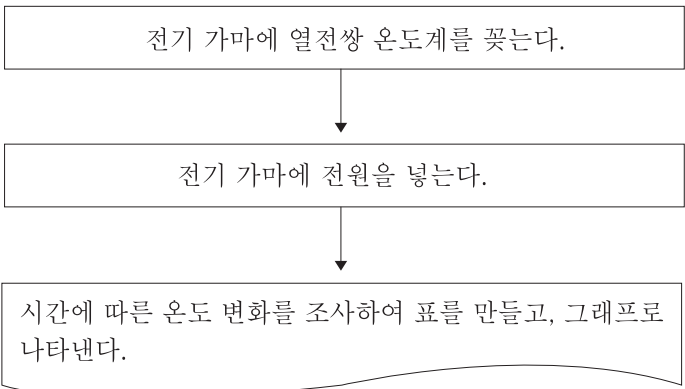


2) 온도 측정

가) 액체의 온도 측정



나) 높은 온도 측정



사. 실습 보고서

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

1) 실습 재료 및 기구

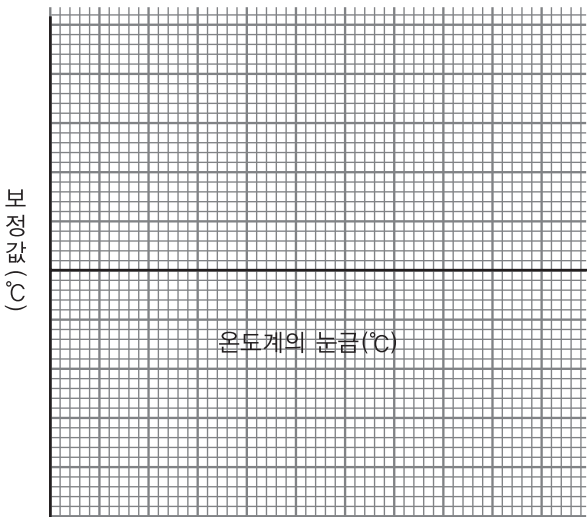
재 료	
기 구	

2) 100°C 유리 온도계의 보정

가) 검정 결과표

정확한 온도 (t °C)	온도계가 가르키는 온도 (t' °C)	눈금차 [(t' - t) °C]
0.00		
32.38		
100.00		

나) 검정 보정표



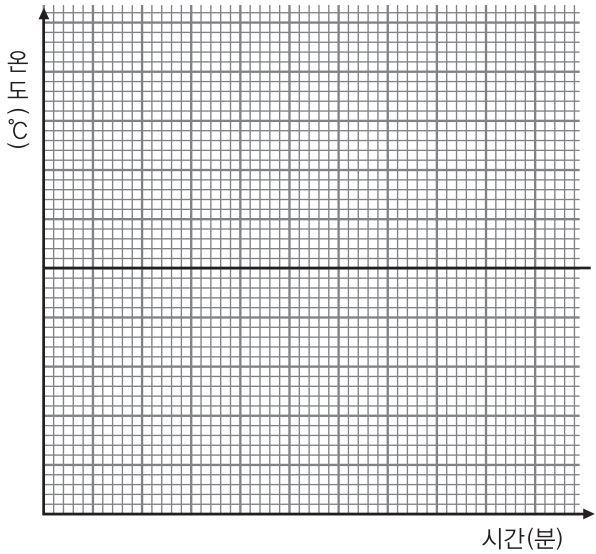
3) 온도 측정

가) 액체의 온도 측정

(1) 시간에 따른 온도 변화

시간(분)											
측정 온도(℃)											
보정 온도(℃)											

(2) 시간에 따른 온도 변화 그래프

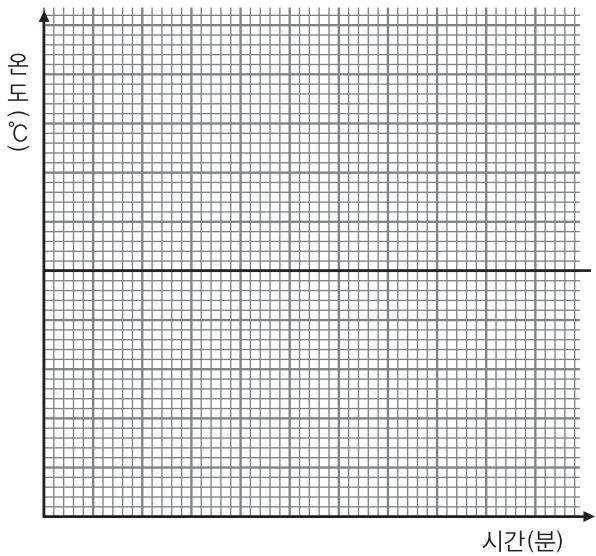


나) 높은 온도 측정

(1) 시간에 따른 온도 변화

시간(분)											
측정 온도(℃)											

(2) 시간에 따른 온도 변화 그래프



아. 수행 평가

실험 과제명	세부사항	항목 번호	항목별 채점 방법	배 점	학 생	교 사
온도 측정	실험수행 전반	1	－실험복, 보고서철, 교과서, 계산기, 필기구, 자, 등 실험에 필요한 준비물을 제대로 갖 추었는가? －용량플라스크, 피펫, 메스실린더 등을 사용 할 때 눈금을 눈높이에서 표선을 일치시키 는가? －기구 파손이 없고 실험 태도가 성실한가? －실험기구를 용도에 적합하게 사용하는가? －제조한 시약의 개수와 조제량은 정확한가?  매우 우수 : 10점, 우수 : 8점, 양호 : 6점, 보통 : 4점, 불량 : 2점, 매우 불량 : 0점	10		
		0℃의 검정	2	검정하고자 하는 온도계를 0℃의 눈금이 완전 히 잠기도록 얼음을 넣으면 5점, 나머지는 0점	5	
	32.38℃ 검정	3	칭량한 황산나트륨을 작은 비커에 옮기고 증류수로 녹이면 5점, 나머지는 0점	5		
		4	모래 중탕에서 가열시키면 5점, 나머지는 0점	5		
		5	큰 비커의 온도가 약 40℃에 도달하도록 가 열시키면 5점, 나머지는 0점	5		
	100℃ 검정	6	비등석을 넣고 가열시키면 5점, 나머지는 0점	5		
		7	검정하고자 하는 온도계의 둥근 부분이 물의 윗면으로부터 약 2cm 정도 오면 5점, 나머지 는 0점	5		
		8	물이 끓기 시작한 다음 약 10분간 기다리면 5 점, 나머지는 0점	5		
	유리 온도계 의 보정	9	온도계가 가르키는 온도를 정확하게 읽고 기 록했으면 5점, 나머지는 0점	5		
		10	눈금차를 정확하게 기록했으면 5점, 나머지 는 0점	5		
		11	보정표를 정확하게 그렸으면 5점, 나머지는 0점	5		
	액체의 온도 측정	12	가열 시간과 온도 사이의 관계 그래프를 모눈 종 이에 제대로 작성하였으면 5점, 나머지는 0점	5		
	높은 온도 측정	13	가열 시간과 온도 사이의 관계 그래프를 모눈 종 이에 제대로 작성하였으면 5점, 나머지는 0점	5		

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

자. 평가 문제

- 1) 접촉식 온도계에 대한 설명이다. 틀린 것은?  
① 일반적으로 측정 시간이 길다.  
② 이동 물체의 온도 측정은 곤란  
③ 물체의 외부 온도 측정이 용이  
④ 1,000℃ 이하 온도 측정에 용이  
⑤ 측온부를 피측정 물에 직접 접촉시킨다.
- 2) 비 접촉식 온도계에 대한 설명이다. 틀린 것은?  
① 물체의 표면 온도 측정 용이  
② 이동 물체의 온도 측정 용이  
③ 일반적으로 측정 시간이 길다.  
④ 1,000℃ 이상 온도 측정에 용이  
⑤ 피측정 물체의 온도를 일정하게 하면서 온도를 측정
- 3) 온도계의 종류가 아닌 것은?  
① 유리제 온도계                      ② 부피식 온도계  
③ 압력식 온도계                      ④ 저항식 온도계  
⑤ 열전식 온도계
- 4) 열팽창 계수가 다른 2종의 금속 박판을 압연 접착시킨 온도계는?  
① 유리제 온도계                      ② 부피식 온도계  
③ 압력식 온도계                      ④ 저항식 온도계  
⑤ 바이메탈식 온도계
- 5) 구조적으로 간단하고 조작이 간편하여 산업 현장이나 실험실 등  
에서 많이 쓰이는 전기 신호식 온도계는?  
① 열전대 온도계                      ② 부피식 온도계  
③ 압력식 온도계                      ④ 저항식 온도계  
⑤ 바이메탈식 온도계



## 차. 쉬어 가기

### ☑ 자료실

<http://www.science114.pe.kr/>

### ☑ 자료실

<http://100.empas.com>

### 용광로의 쇳물의 온도를 재는법

우리가 보통 쓰는 온도계는 수은이나 알코올이 열팽창하는 원리를 이용한 것이다. 더우면 수은이나 알코올의 부피가 팽창하여 높은 눈금까지 올라가고, 추우면 부피가 수축하여 낮은 눈금을 가르킨다. 그러나 제철소에서 1,000℃가 넘는 쇳물의 온도를 잴 때에는 이런 온도계로는 안된다. 그러면 어떻게 할까? 첫 번째 방법 압력을 이용하는 것이다. 밀폐된 금속용기에 화학적으로 활발하지 않은 질소를 담아 놓고 가느다란 금속관을 통하여 압력계 연결시킨다. 그 다음 측정하려는 물체를 금속용기에 담그면 용기 내의 질소가 팽창하여 압력계에 압력을 가하게 되는데, 이것을 수치로 나타내면 온도를 알 수 있다. 이런 방법은 섭씨 550℃부터 영하 50℃까지 잴 수 있다. 두 번째 방법은 열전쌍을 이용한 열전 온도계다. 열전쌍이란 서로 다른 두 개의 금속을 고리 모양으로 접합시켜 놓은 것으로, 두 접합점에 온도차가 생기면 기전력이 발생한다. 이렇게 열을 가하면 전기가 발생하는 대표적인 열전쌍으로 백금, 백금 로듐이 있는데 이것으로 잴 수 있는 온도는 섭씨 1,450℃까지이며, 또다른 열전쌍을 이용하면 섭씨 2,000℃까지 잴 수 있다. 열전 온도계는 한쪽 접점을 일정한 온도로 유지시키고 다른 접점을 재려고 하는 물체에 연결시켜 사용한다.

