

## 실험 9. 표면장력 측정

### 1. 목적

액체의 표면장력(Surface tension)을 측정하고 이를 이해한다.

### 2. 이론

안 지름 및 바깥지름이 각각  $r_1, r_2$ 인 원통형 테를 [그림 1]과 같이 액체 표면에 접촉시키고 액체 표면을 원통형 테에 차차 가까이하여 그것이 완전히 잠기면 서서히 액체 표면이 아래로 내려오게 하여 원통형 테와 액체 표면이 떨어지려고 할 때 멈춘다.

그 때의 액체의 높이  $h$ 와 Force sensor의 힘( $=mg$ )을 측정하여 표면장력  $T$ 를 측정한다. 그림에서 원통형 테를 아래쪽으로 끄는 총 장력과 액주의 무게의 합은 Force sensor의 측정값 같다. 즉,

$$\begin{aligned} F_3 + F_2 = F_1 &\rightarrow \text{힘의 평형} \\ \therefore 2\pi(r_1 + r_2)T + \pi(r_1^2 - r_2^2)h\rho g &= mg \end{aligned} \quad (1)$$

이다. 이때  $F_1$ 은 센서의 측정값  $F_2$ 는 물기둥의 무게 그리고  $F_3$ 는 표면장력이다.

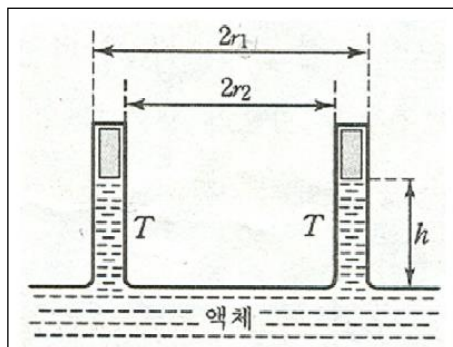


그림 1 액주의 높이

여기서  $\rho$ 는 현재 온도에서의 액체의 밀도이다. 식 (1)로부터 표면장력은

$$T = \frac{mg}{2\pi(r_1 + r_2)} - \frac{(r_1^2 - r_2^2)}{2}h\rho g \quad (2)$$

가 되고, 원통형 테가 아주 얇아  $r_1=r_2$ 라고 가정할 수 있을 때 위 식 (2)의 제 2 항은 무시되어

$$T = \frac{mg}{4\pi r} \quad (3)$$

가 된다.

### 3. 기구와 장치

기구와 장치	Equipment	수량	비고
줄리의 표면장력 측정장치		1	
수평계	Level	1	
온도계	Thermometer	1	
비이커	Beaker	1	
Force Sensor		1	
원통형 테	Cylindrical Frame	1	
액체시료	Liquid Sample	100mℓ	



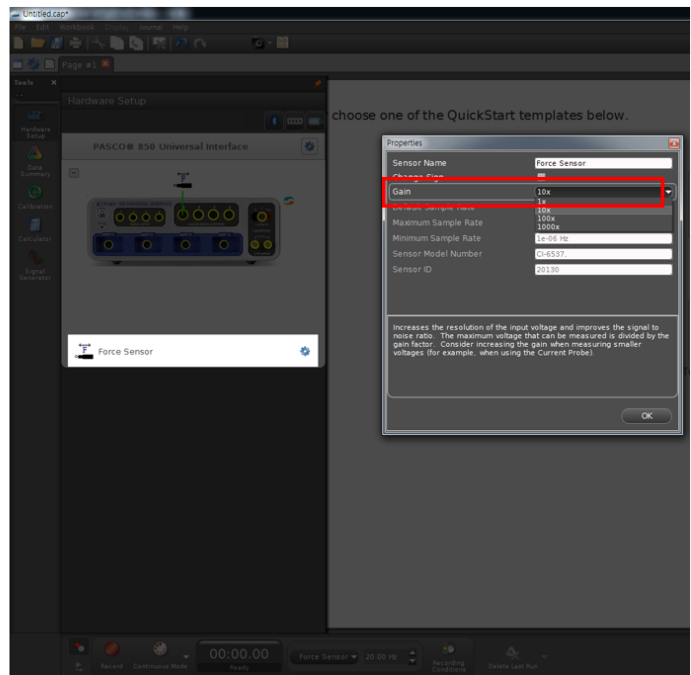
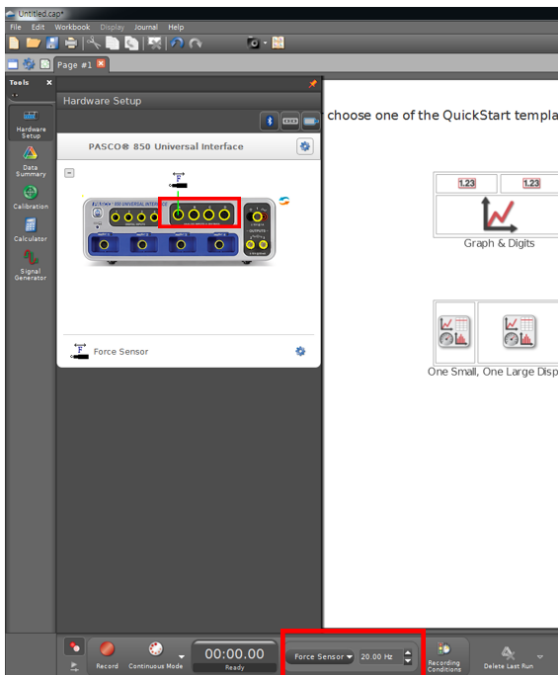
그림 2 표면장력 실험장치

#### 4. 실험 방법

- |     |                           |
|-----|---------------------------|
| 주 의 | - 비이커가 떨어지거나 깨지지 않게 조심한다. |
| 사 항 | - 금속링이 수면에 대해 평행하도록 맞춘다.  |

##### PASCO Capstone Setting

- (1) 850 Interface 가 컴퓨터에 연결되어 있나 확인하고 전원을 켜다.
- (2) Force Sensor 의 DIN 플러그를 아날로그 단자 A 에 연결한다.
- (3) PASCO Capstone 를 열고 Hardware Setup 메뉴에서 Analog 의 Force sensor 를 선택한다.
- (4) Force Sensor 아이콘을 클릭하여 Force Sensor 의 측정조건을 조정한다. 아래의 그림과 같이 Sample rate 는 20Hz, Gain 은 10x 으로 선택한다.

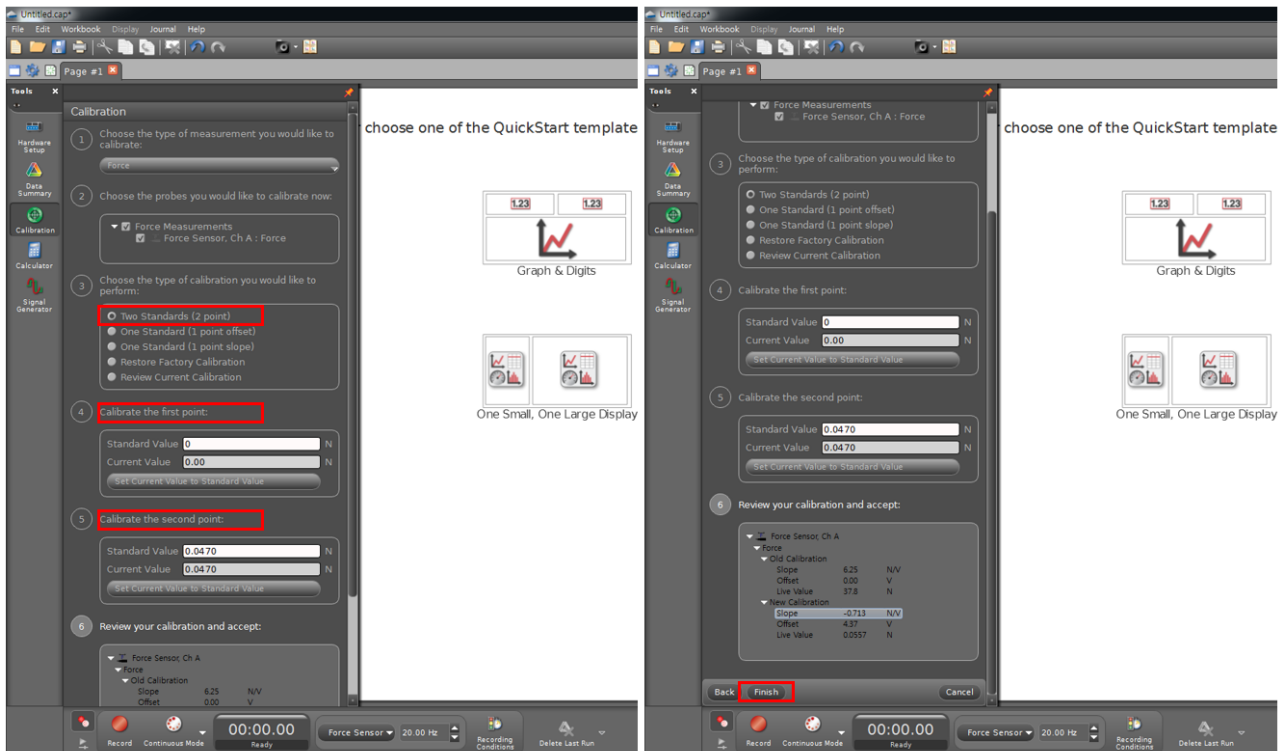


##### Sensor Calibration

- Force sensor 에 질량을 켤 금속링을 달아 측정된 무게가 예측된 값으로 되도록 측정값을 설정한다.

- (5) Force sensor 에 고리를 연결한 후 연결고리가 아래를 향하도록 Force sensor 를 실험대에 고정시킨다. Force sensor 가 흔들리지 않게 되면 아래의 그림과 같이 Calibration 메뉴를 선택하여 창을 띄운 후, ④Calibrate the first point 의 Standard value 에 0 을 입력하고 Set Current Value to Standard Value 를 클릭하여 영점을 정한다.

(6) 금속링의 질량을 재고 Force sensor 의 고리에 매단다. 금속링이 흔들리지 않게 되면 ⑤Calibrate the second point 의 Standard value 에 금속링의 무게를 계산하여 입력하고 Set Current Value to Standard Value 를 클릭한다. (예를 들어, 5g 금속링의 무게는 약 0.05N 이다. ) 끝으로 아래의 Finish 를 누른다.



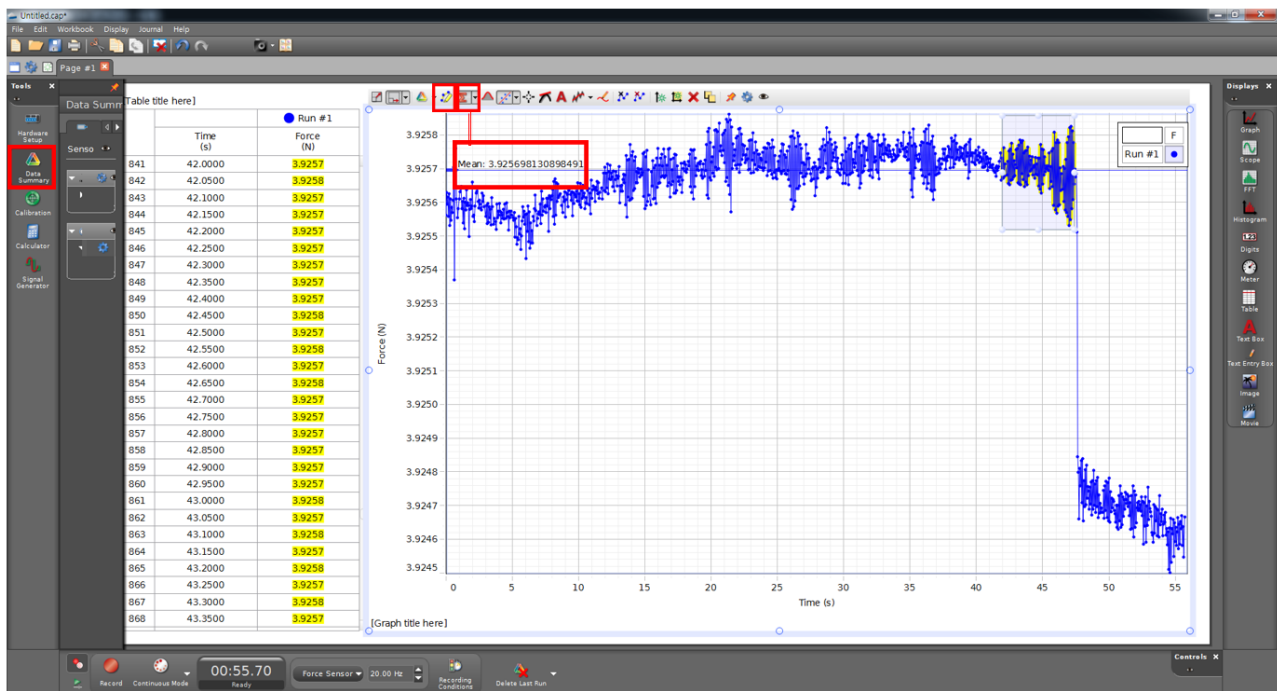
### 표면장력 측정

- (7) 액체의 온도 및 고리의 내경과 외경을 측정하여 기록한다.
- (8) 비커에 물을 채운 뒤 받침대를 조정하여 금속링의 밑면과 물의 표면이 닿게 조절한다.
- (9) 받침대를 약간 내려서 물기둥이 금속링에 붙어 있는 것을 확인한 후 PASCO Capstone의 Record를 클릭하여 작동시키고, Graph를 선택하여 시간에 따른 무게의 측정을 관찰한다. 높이 조절기를 천천히 돌려 받침대를 서서히 낮춘다.
- (10) 금속링으로부터 물기둥이 떨어져서 Graph에 무게의 변화가 나타나면, STOP을 클릭하여 중지하고 무게의 변화 값을 읽도록 한다.

떨어지기 전과 후의 값을 읽을 때, 아래의 그림과 같이 그래프에서 일정 구간을 선택한 후 Table창을 띄우고 Table의 왼쪽 상단 메뉴에서 Mean을 선택, 오른쪽 상단 메뉴에서 Increase precision을 선택하여 유효숫자를 높여서 무게 값을 읽도록 한다.

- Exported data의 유효숫자를 높이기 위해서는 Data Summary부분을 클릭한 후, Numeric설정에서 Number of Digits를 높여주면 된다.

(원하는 측정값은 떨어지기 직전의 물기둥의 무게로서 두 구간 사이의 무게 차이이다.)



- (11) 실험대 아래의 높이 조절기 눈금을 이용하여 금속링이 수면에 닿았을 때와 수면으로부터 떨어졌을 때의 차이를 기록하여 물기둥의 높이를 5회 측정한다. 한 바퀴는 1mm이다.
- (12) 이론에서의 표면장력에 대한 근사식과 정확한 식을 이용하여 각각 표면장력을 계산하고 이를 표준값과 비교하라. (표준값은 각자 조사하도록 한다.)
- (13) 같은 과정을 물의 온도를 바꾸고 반복한다.

## DATA SHEET

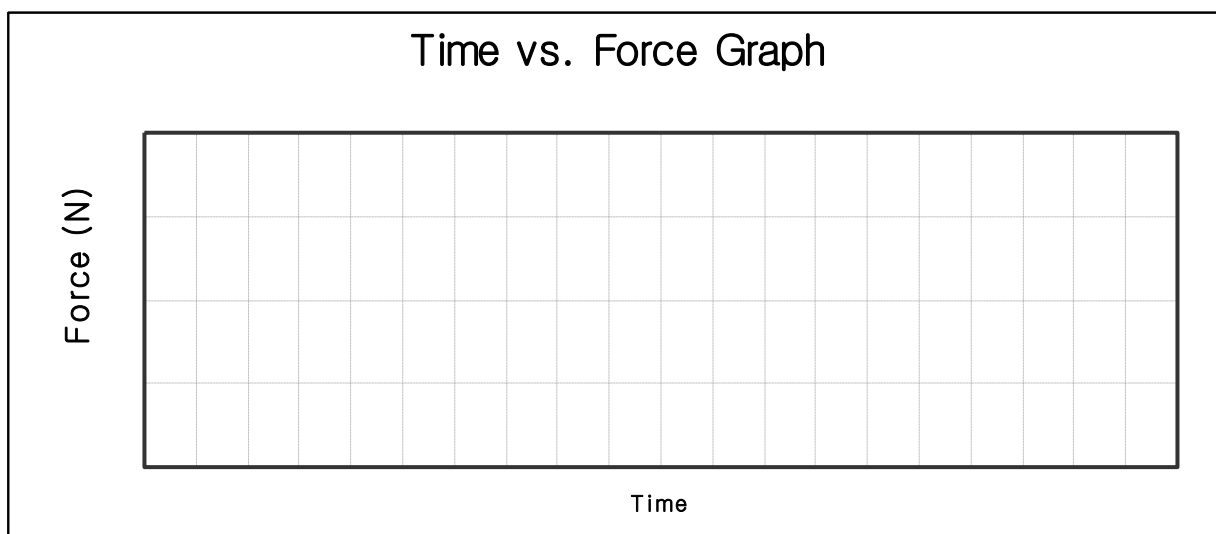
1. 액체의 종류 및 온도: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ °C

2. 액체의 밀도: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

3. 원통형 테의 외경 및 내경

단위(cm)	1	2	3	4	5	평균
$r_1$						
$r_2$						

4. 센서에 작용한 힘 Graph



5. 액체 기둥의 높이  $H$

단위(mm)	1	2	3	4	5	평균
$H$						

6. 표면장력  $T$

1) 식 (2)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

2) 식 (3)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

3) 표준값 : \_\_\_\_\_ N/m

## DATA SHEET

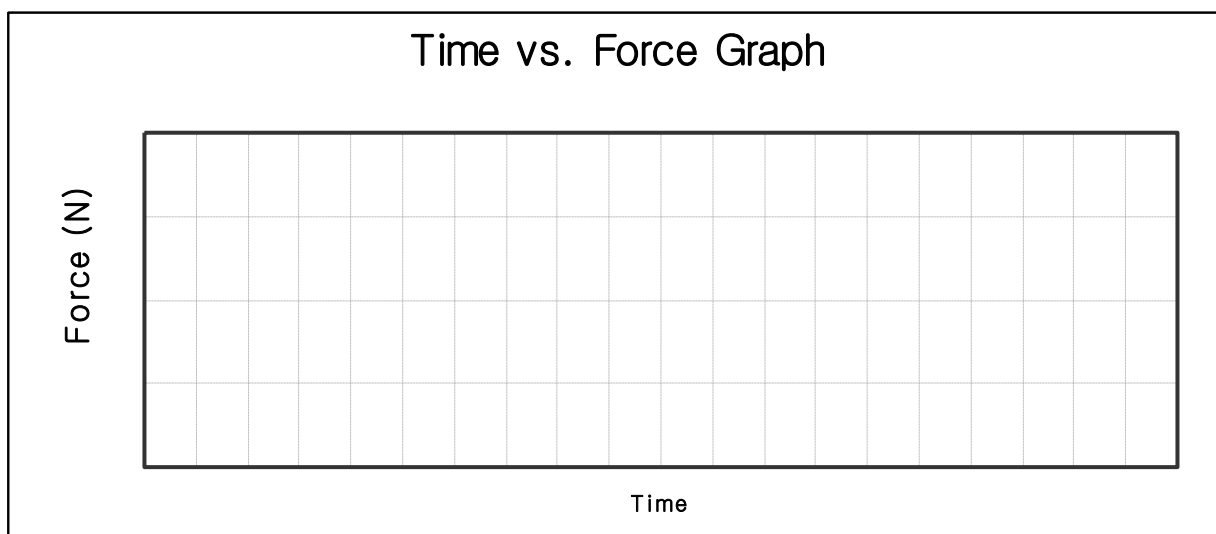
1. 액체의 종류 및 온도: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ °C

2. 액체의 밀도: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

3. 원통형 테의 외경 및 내경

단위(cm)	1	2	3	4	5	평균
$r_1$						
$r_2$						

4. 센서에 작용한 힘 Graph



5. 액체 기둥의 높이  $H$

단위(mm)	1	2	3	4	5	평균
$H$						

6. 표면장력  $T$

1) 식 (2)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

2) 식 (3)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

3) 표준값 : \_\_\_\_\_ N/m

## DATA SHEET

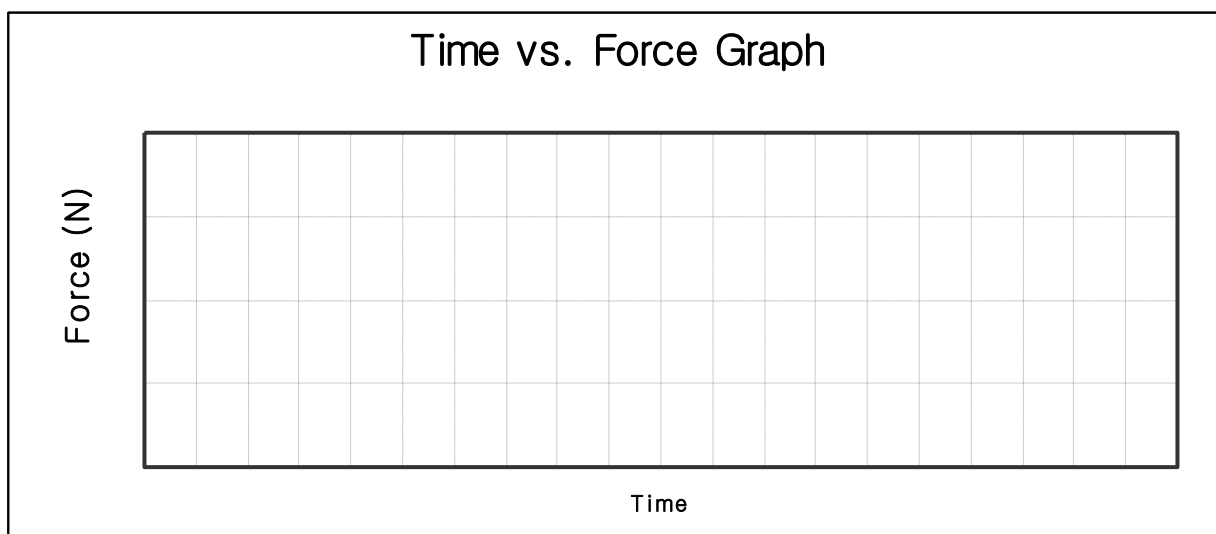
1. 액체의 종류 및 온도: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ °C

2. 액체의 밀도: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

3. 원통형 테의 외경 및 내경

단위(cm)	1	2	3	4	5	평균
$r_1$						
$r_2$						

4. 센서에 작용한 힘 Graph



5. 액체 기둥의 높이  $H$

단위(mm)	1	2	3	4	5	평균
$H$						

6. 표면장력  $T$

1) 식 (2)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

2) 식 (3)에 의한 측정값 : \_\_\_\_\_ N/m

3) 표준값 : \_\_\_\_\_ N/m



## 5. 질문

- 1) 점성과 표면장력의 차이점은 무엇일까?
- 2) 원통형 테를 물 속에 완전히 담갔을 때의 경우와 그렇지 않을 경우의 차이점은 무엇인가?
- 3) 온도에 따라 표면장력이 어떻게 변화하는가?
- 4) 액체 종류에 따라 표면장력이 어떻게 변화하는가? 변화한다면 이유는 무엇인가?
- 5) 우리 주변에서 표면장력이 작용하는 것은 어떠한 것들이 있는가?