

# 표면 장력 측정

## 1. 이론

한 분자가 동일한 분자의 액체 bulk상에 존재할 경우 분자에 작용하는 분자간의 힘은 분자를 둘러싼 모든 방향에서 동일하게 작용된다. 그러나 한 분자가 유체 표면에 존재할 경우 분자에 작용하는 분자간의 힘은 안과 밖이 다르며 이 때 액체분자의 응집력(cohesion)이 명백하게 나타나게 된다. 한 분자를 bulk에서 surface로 움직일 때 발생하는 이 상호 작용 에너지의 변화를 표면 장력(surface tension)이라 하며 표면적 변화에 따른 자유에너지 변화로 정의 된다 ( $\gamma = (\partial G/\partial A)_{TP}$ ).

## 2. 실험

표면 장력을 측정하는 대표적인 방법은 표세관 내에서의 액체 수면의 상승 정도를 측정하는 방법(capillary rise)과 접촉각(contact angle)을 측정하는 방법이 대표적이다. 그 외 대표적인 방법의 원리와 특징을 표1에 정리하였다.

표1. 표면 장력 측정을 위한 방법들

방법	원리	특징
Capillary height	Capillary rise	접촉각이 0인 경우 가장 좋음
Wilhelmy plate	Capillary force on a plate	편리하며 접촉각이 0이 경우 좋음
Drop profile	Analysis of the geometric drop shape	평형에 도달하기 위해 긴 시간이 필요
DuNouy ring	Capillary force on a ring	편리하며 surfactant system에 사용
Spinning drop tensiometer	Analysis of the geometric shape of a centrifugally distorted drop	액-액 시스템에 적용되며 표면 장력이 작아 다른 방법으로 측정되기 어려운 경우 사용

그림 1은 capillary height 방법의 개략적인 모습이며 Wilhelmy plate는 그림 2, drop profile은 그림 3에 각각 나타내었다.

여기서는 capillary-rise 방법에 대해 알아보겠다.

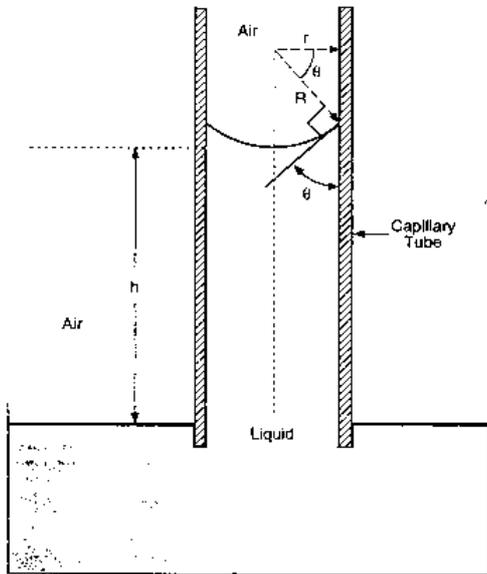


그림 1. Capillary height method

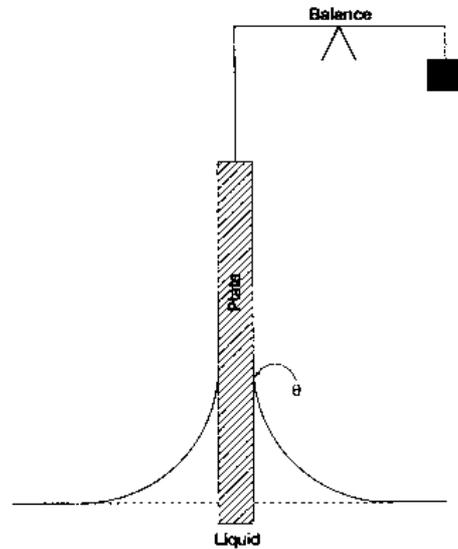


그림 2. Wilhelmy plate method

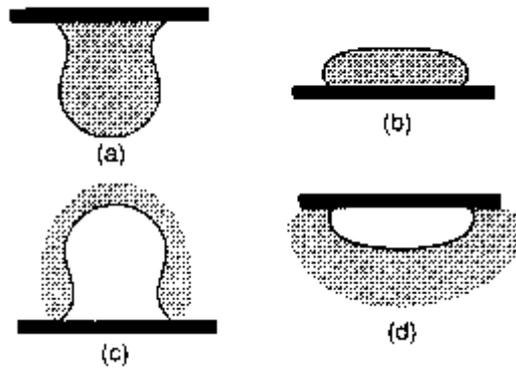


그림 3. Drop profile method

### 2-1. 원리

모세관에 있는 액체는 모세관과의 wetting force와 중력이 같아질 때까지 상승하므로 액체의 표면 장력은 이 상승한 높이를 측정하여 물과 같이 이미 표면 장력을 알고 있는 물질과 비교함으로써 측정된다.

다음 식이 계산을 위해 사용된다.

$$\gamma_1 = \frac{1}{2} \left( h + \frac{r}{3} \right) r \rho g$$

여기서,  $\gamma_1$  = surface tension, dyn/cm

$\rho$  = the density of the liquid, g/mL

$h$  = the height of the column, cm

$r$  = the internal radius of the tube, cm

$g$  = the acceleration due to gravity, 980 cm/s<sup>2</sup>

## 2-2. 과정

- 1) 모세관의 실험하기 직전에 세정된 것을 사용하여야 한다.
- 2) 질산용액에 담겨져 있는 모세관을 증류수로 깨끗이 씻어낸 후 사용한다.
- 3) 그림 4와 같은 장치를 설치한 후 물을 test를 위한 기준 액체로 사용하여 장치를 표준화 한다.
- 4) 모세관 위에서 부드럽게 모세관 내의 기체를 입이나 기타 다른 장치를 사용하여 모두 빨아들여 물의 수면이 모세관 끝까지 올라오도록 한다.
- 5) 흡입을 멈추고 모세관 위에서 공기가 통할 수 있도록 한다. 수면이 평형 위치에 도달하여 더 이상 변화가 없는 위치로 내려갈 때까지 기다린다. 물의 높이를 측정한다. 반복적인 실험으로 자료를 얻는다.
- 6) 모세관 위에서 공기를 불어넣어 수면을 평형 위치 밑으로 밀어낸다.
- 7) 공기 불어넣기를 멈춘 후 수면이 평형 위치로 다시 올라올 때까지 기다려 높이를 측정한다. 반복적인 실험으로 자료를 얻는다.
- 8) 위 두 과정을 통해 얻은 수면의 높이가 다른 경우 모세관이 깨끗하지 않은 것이므로 다시 세정하여 실험한다.
- 9) 장치를 깨끗이 닦은 후 완전히 건조시켜 표면 장력을 측정하고자 하는 액체에 대해 위 과정을 반복 수행한다.
- 10) 모세관과 유체의 접촉면에 각(contact angle)이 있는 경우는 표면이 완전히 깨끗하지 않은 경우이다. 이런 경우 다음 식을 사용하여 표면 장력을 계산한다.

$$\gamma_1 \cos \theta = \frac{1}{2} \left( h + \frac{r}{3} \right) r \rho g$$

## 2-3. 접촉각(contact angle)의 측정

- 1) 그림 5와 같이 현미경에 사용되는 유리판과 같은 유리 슬라이드를 깨끗이 하여 물이 가득 들어있는 비이커에 넣어 flat meniscus를 얻을 때까지 각을 조정한다.
- 2) 일반적인 분도기를 이용하여 각을 측정한다.
- 3) 위의 과정을 적어도 4회 이상 반복 수행한다.
- 3) 다른 액체를 사용하여 각을 측정한다.

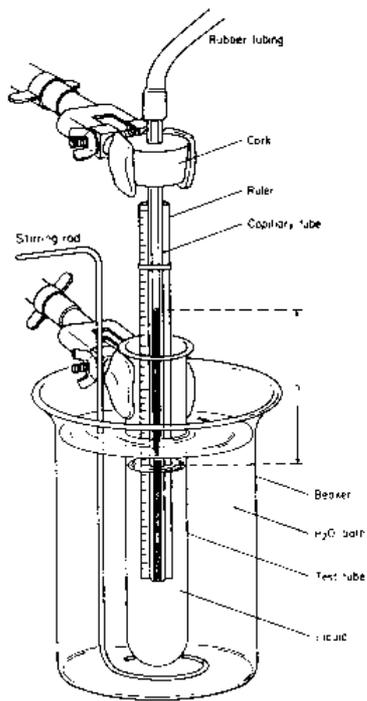


그림 4. Capillary-rise 실험장치

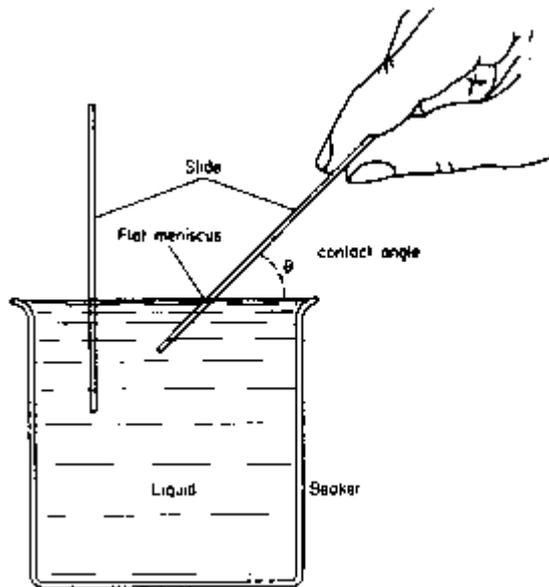


그림 5. Contact angle 측정

### 3. 참고문헌

- G. J. Shugar and J. T. Ballinger, "Chemical Technicians' Ready Reference Handbook", 3rd ed., McGraw-Hill, New York (1990)
- D. F. Evans and H. Wennerstrom, "The Colloidal Domain", VCH Publisher, NY (1994)
- D. P. Shoemaker, C. W. Garland and J. W. Nibler, "Experiments in Physical Chemistry", 5th ed., McGraw-Hill, New York (1989)