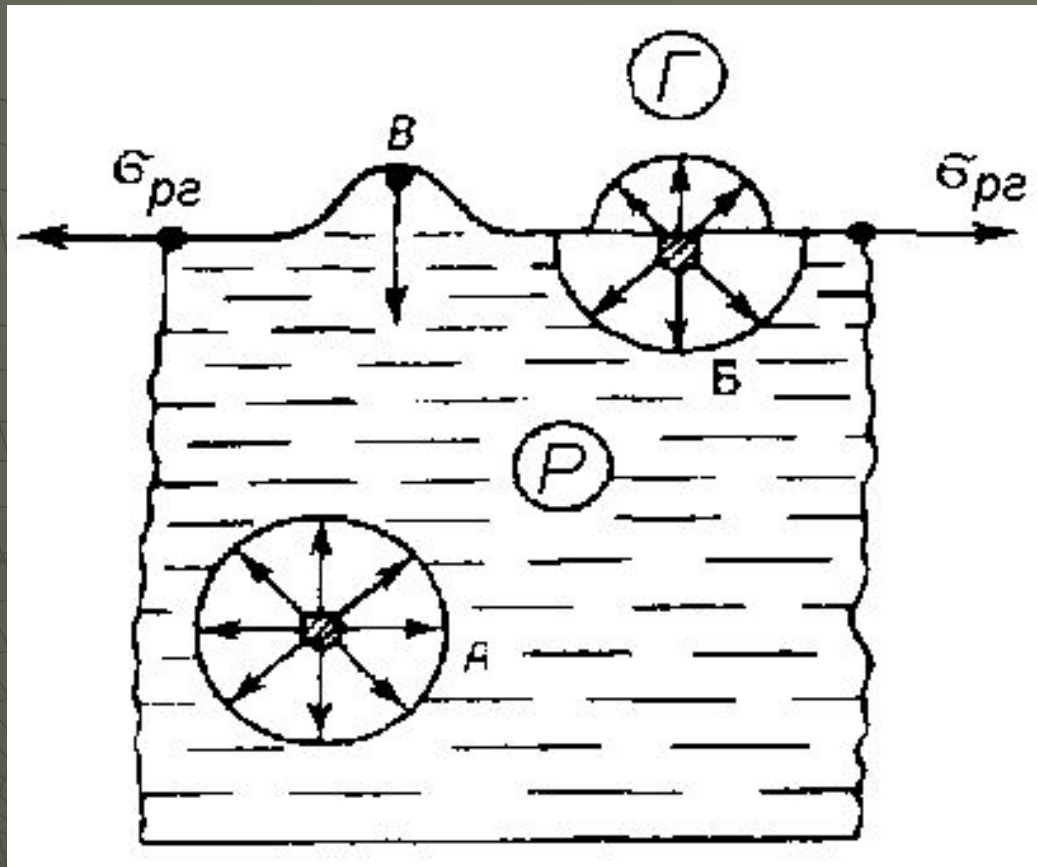


## 5. Поверхневі явища в дисперсних системах. Поверхнева енергія

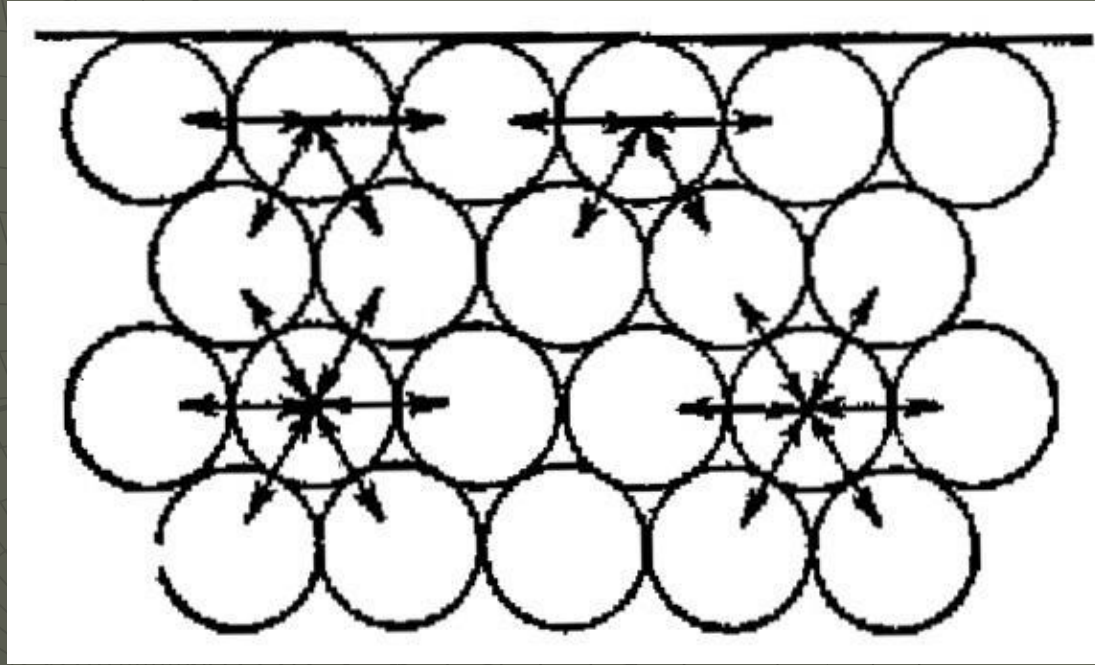
*Поверхневі явища* – явища на границі розподілу між двома фазами, обумовлені вільною поверхневою енергією

Причина поверхневих явищ – різка відмінність властивостей граничного шару від властивостей всередині самої фази.



*Вільна поверхнева енергія* – нереалізована здатність (надлишок некомпенсованої енергії) всіх молекул поверхневого шару до взаємодії з боку однієї з фаз.

*Питома вільна поверхнева енергія* – вільна поверхнева енергія, що доводиться на одиницю площі поверхні.



*Поверхневий натяг* – тангенціальна сила, що «стягує» поверхню, перешкоджаючи її розриву, і доводиться на одиницю довжини контуру її розриву

# Фізичний зміст питомої вільної поверхневої енергії і поверхневого натягу

1) енергія, що доводиться на одиницю площі поверхні розподілу фаз:

$$\sigma = \frac{\text{Енергія}}{\text{Площа}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$$

2) робота, яка необхідна для збільшення поверхні розподілу фаз на одиницю площі:

$$\sigma = \frac{\text{Робота}}{\text{Площа}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$$

3) тангенціальна сила, що доводиться на одиницю довжини контуру розриву:

$$\sigma = \frac{\text{Сила}}{\text{Довжина}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$



*Поверхневі явища* зумовлені надлишком вільної питомої поверхневої енергії і виявляються найбільш інтенсивно в високодисперсних системах з великою питомою поверхнею  $s$ .

Поверхневим натягом є надлишок вільної енергії на  $1 \text{ м}^2$  поверхні розподілу фаз.

Вільна поверхнева енергія гетерогенної системи:

$$G = \sigma \cdot S$$

Умова стійкої рівноваги системи - мінімум вільної енергії.

Системи з великим надлишком вільної енергії – нерівноважні і прагнуть до її довільного зменшення за рахунок:

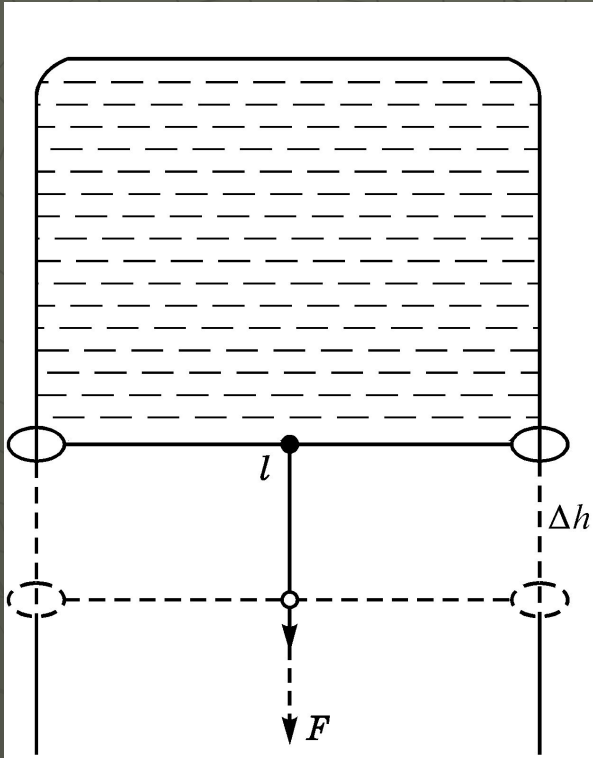
- зменшення поверхні розподілу -  $S \rightarrow \min$   
(прагнення краплі придбати кулеподібну форму)

- зменшення поверхневого натягу -  $\sigma \rightarrow \min$   
(адсорбція)

# Методи вимірювання поверхневого натягу:

- 1) метод рухомої рамки;
- 2) метод рахунку крапель;
- 3) метод відриву кільця;
- 4) метод найбільшого тиску бульбашки;
- 5) метод капілярного підняття.

# Метод рухомої рамки (Дюпре)



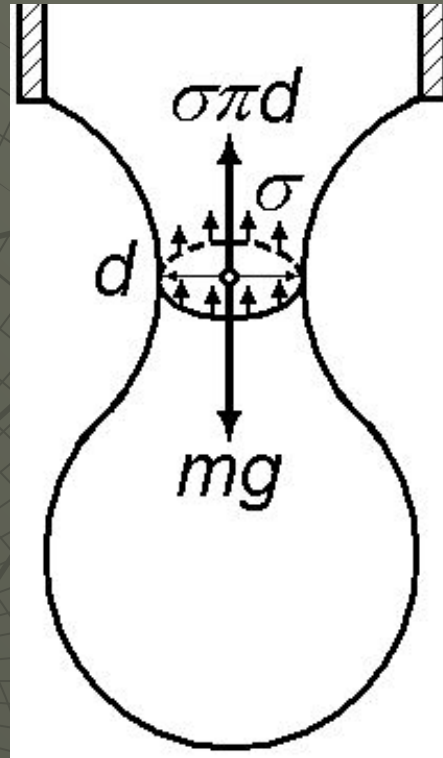
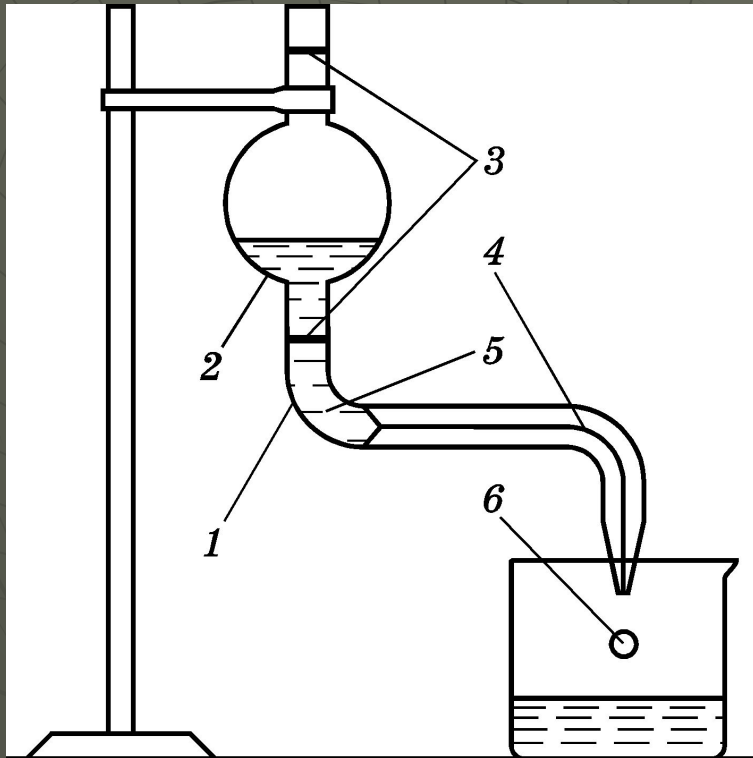
$$\sigma = \frac{F}{2l} = \frac{mg}{2l} = \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

$$\sigma = \frac{A}{2S} = \frac{F \cdot \Delta h}{2 \cdot l \cdot \Delta h} = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

де  $l$  - ширина рамки, м



# Метод рахунку крапель (сталагмометра)



$$\sigma \pi d = mg$$

$$\sigma = mg / \pi d$$

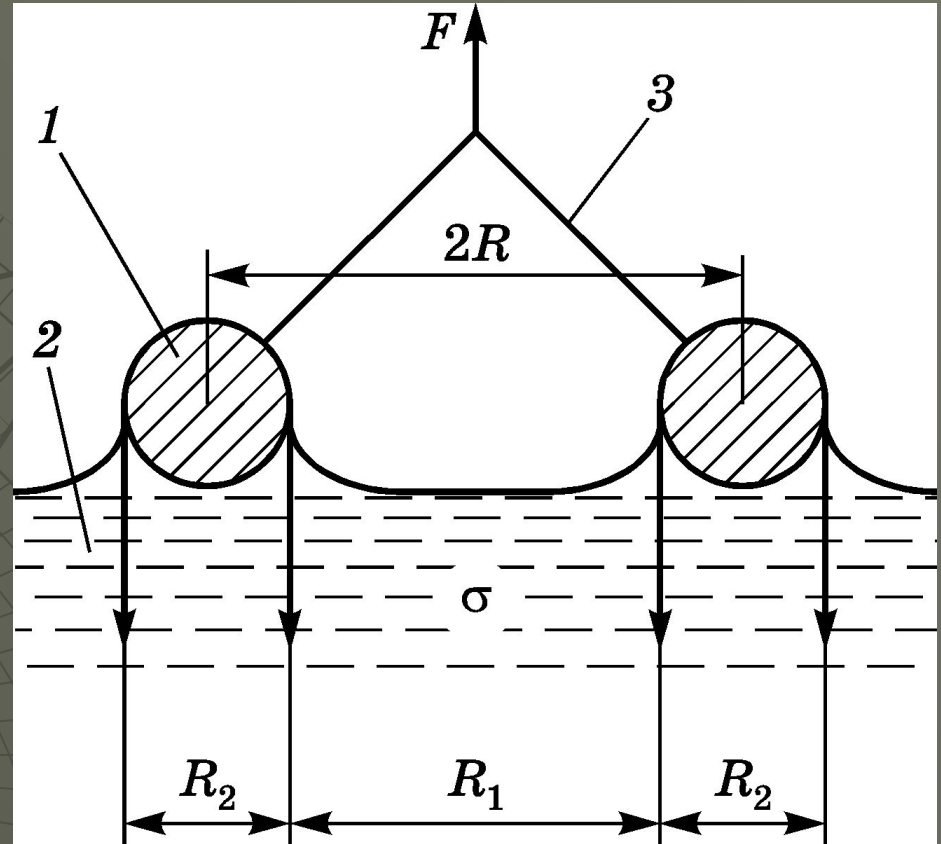
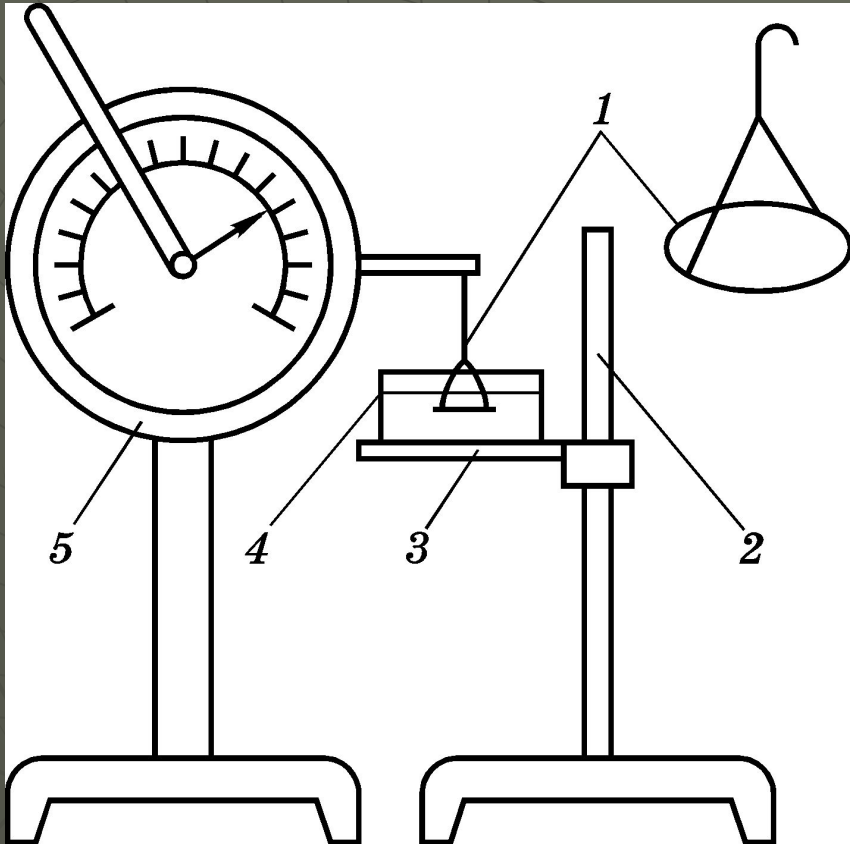
$$g = \sigma_0 \pi d_0 / m_0 = \\ = \sigma_1 \pi d_1 / m_1$$

$$d_0 \approx d_1$$

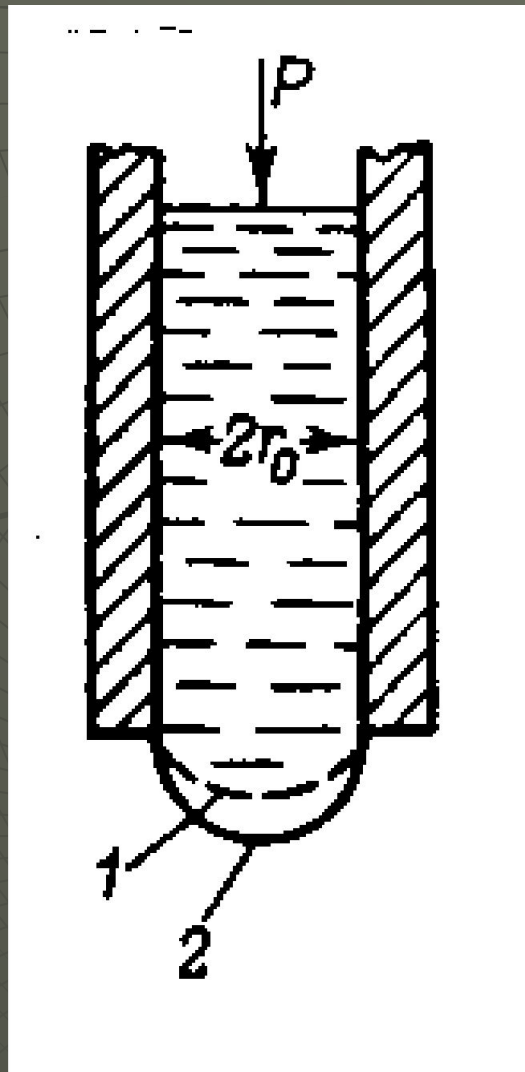
$$\sigma_1 = \sigma_0 m_1 / m_0$$

0 – еталонна рідина  
(вода,  $\sigma_0 = 0,072$  Н/м)  
1 – досліджувана рідина

# Метод відриву кільця



$$\sigma = \frac{F}{4 \cdot \pi \cdot R}, \quad \text{де } r - \text{ радіус кільця, м.}$$

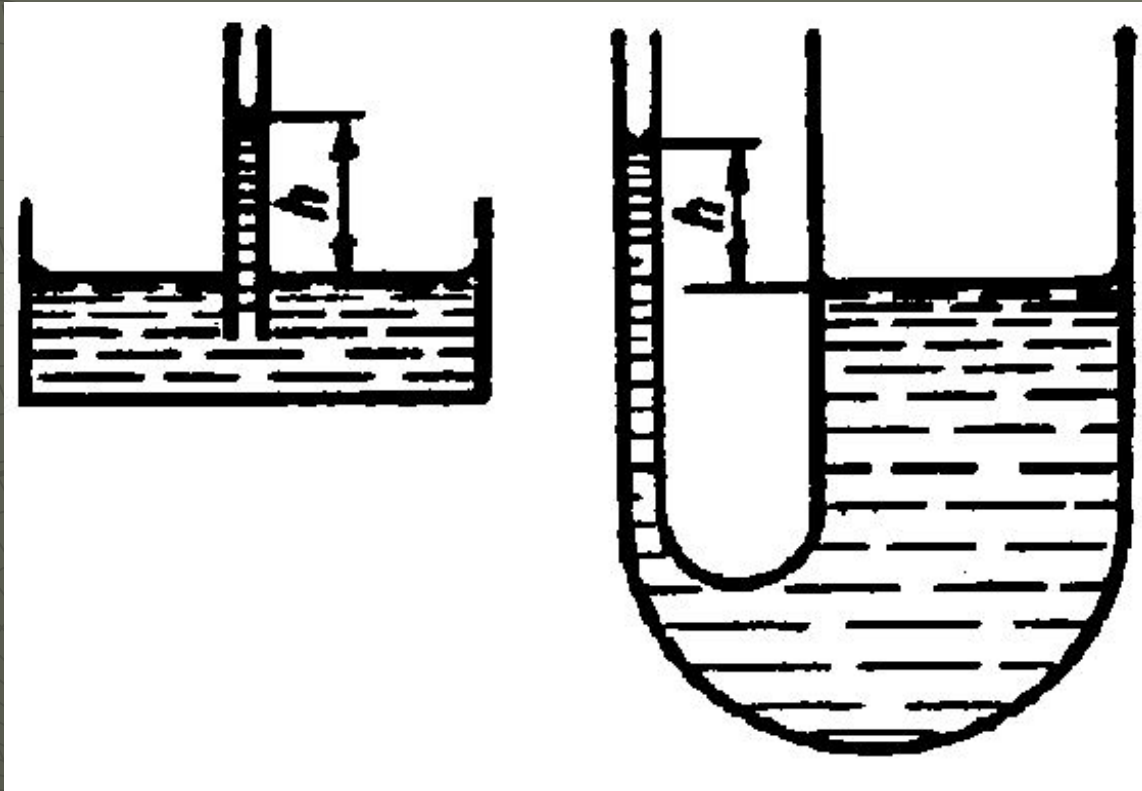


## Метод найбільшого тиску бульбашки

$$\sigma = \frac{P \cdot r}{2},$$

де  $r$  - радіус капіляру трубки, через яку передається тиск

# Метод капілярного підняття



$$\sigma = \frac{h \cdot r \cdot \rho \cdot g}{2},$$

де  $h$  - висота підняття рідини в капілярі, м;

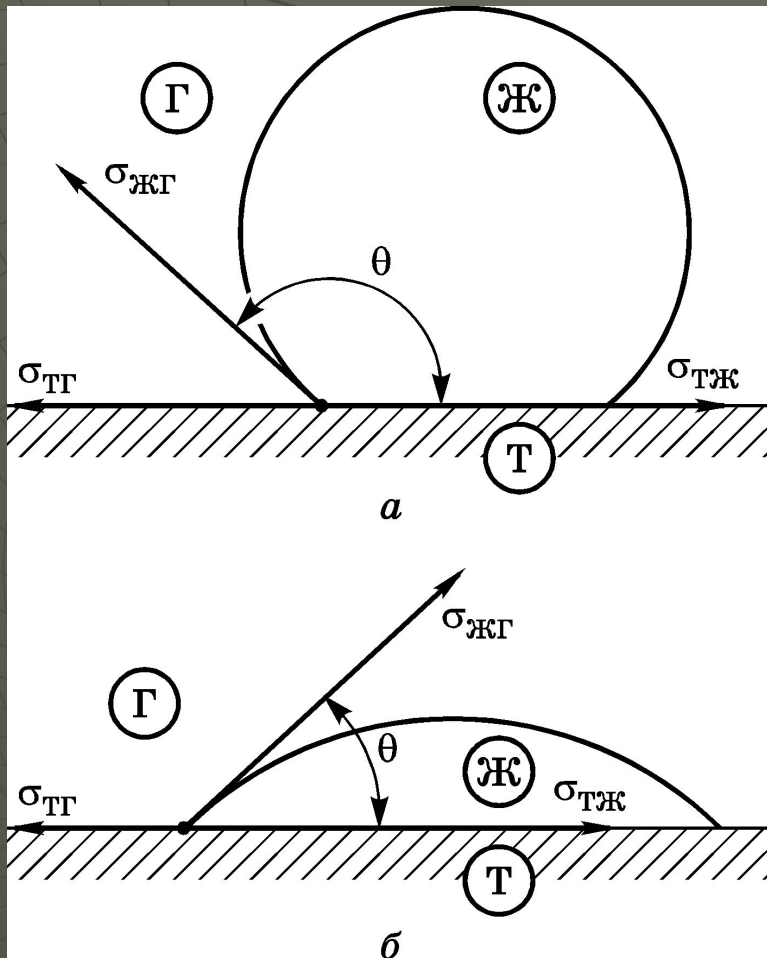
$r$  - радіус капіляра, м;

$\rho$  - густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .



# Змочування поверхонь



несмачивание:  $\theta > 90^\circ$ ;  
 $\cos\theta < 0$ ;  $\sigma_{ТГ} > \sigma_{ТЖ}$

смачивание:  $\theta < 90^\circ$ ;  
 $\cos\theta > 0$ ;  $\sigma_{ТГ} > \sigma_{ТЖ}$

Краевой угол смачивания  $\theta$  – угол между твердой поверхностью и касательной к жидкой

Равновесие:

$$\sigma_{ТЖ} + \sigma_{ЖГ} \cos\theta - \sigma_{ТГ} = 0$$

Работа когезии (сил сцепления внутри фазы):

$$W_c = 2\sigma_{ЖГ}$$

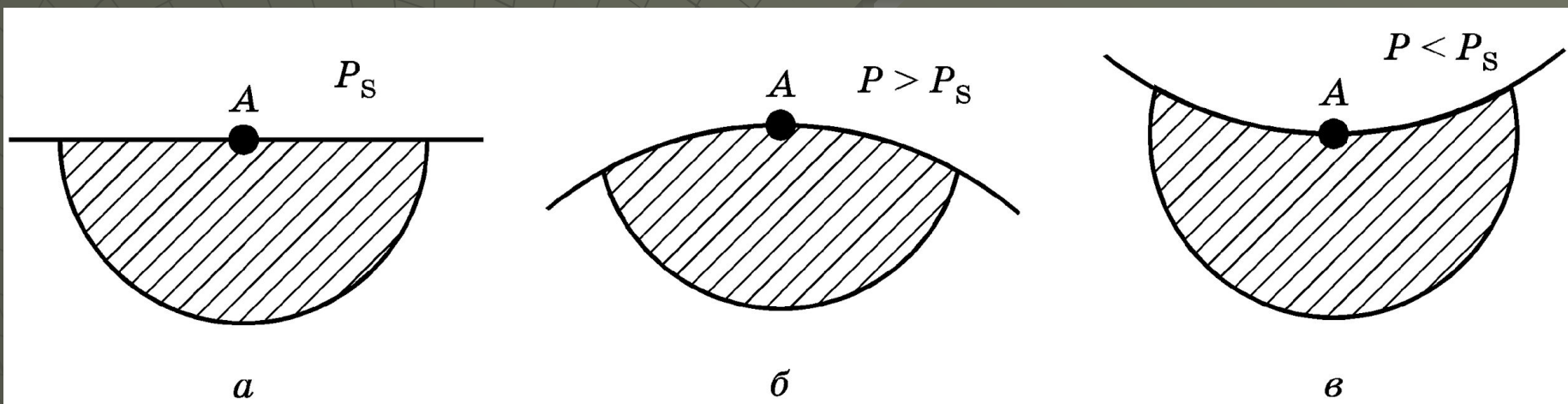
Работа адгезии (сил сцепления между фазами):

$$W_a = \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ЖГ} - \sigma_{ТГ} = \sigma_{ЖГ} (1 + \cos\theta)$$

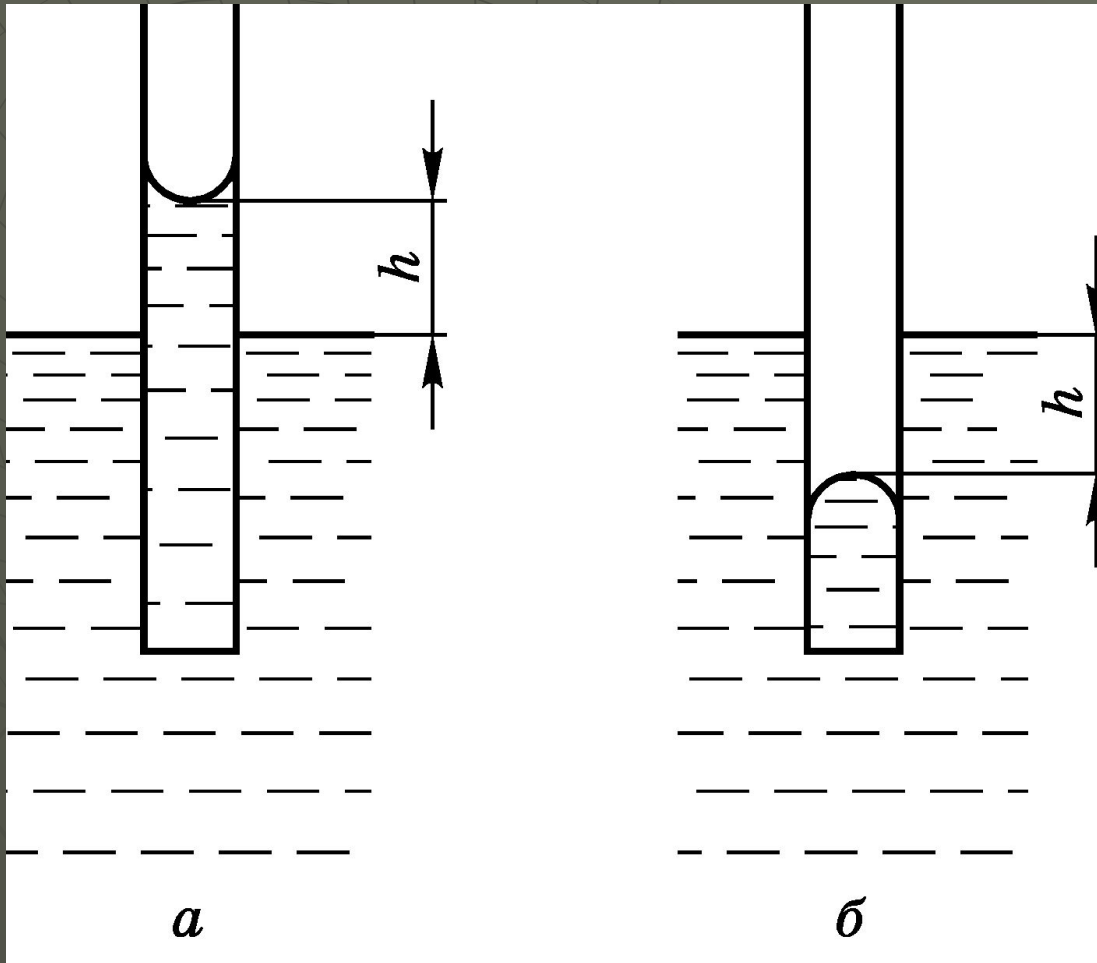
Коэффициент растекания:

$$W_a - W_c$$

# Капілярний тиск



# Капілярне підняття



$$P_{\sigma} = \frac{2 \cdot \sigma_{p2} \cdot \cos \Theta}{r}$$

$$P_h = \rho g h$$

$$P_h = P_{\sigma}$$

$$\frac{2 \cdot \sigma_{p2} \cdot \cos \Theta}{r} = \rho g h$$

$$h = \frac{2 \cdot \sigma_{p2} \cdot \cos \Theta}{\rho g r}$$



## Задача

Розрахувати висоту капілярного підняття води по бетону конструкції капілярами діаметром 0,1; 1; 10 мкм, 1 мм.

Побудувати графік залежності висоти капілярного підняття від діаметру капіляра.