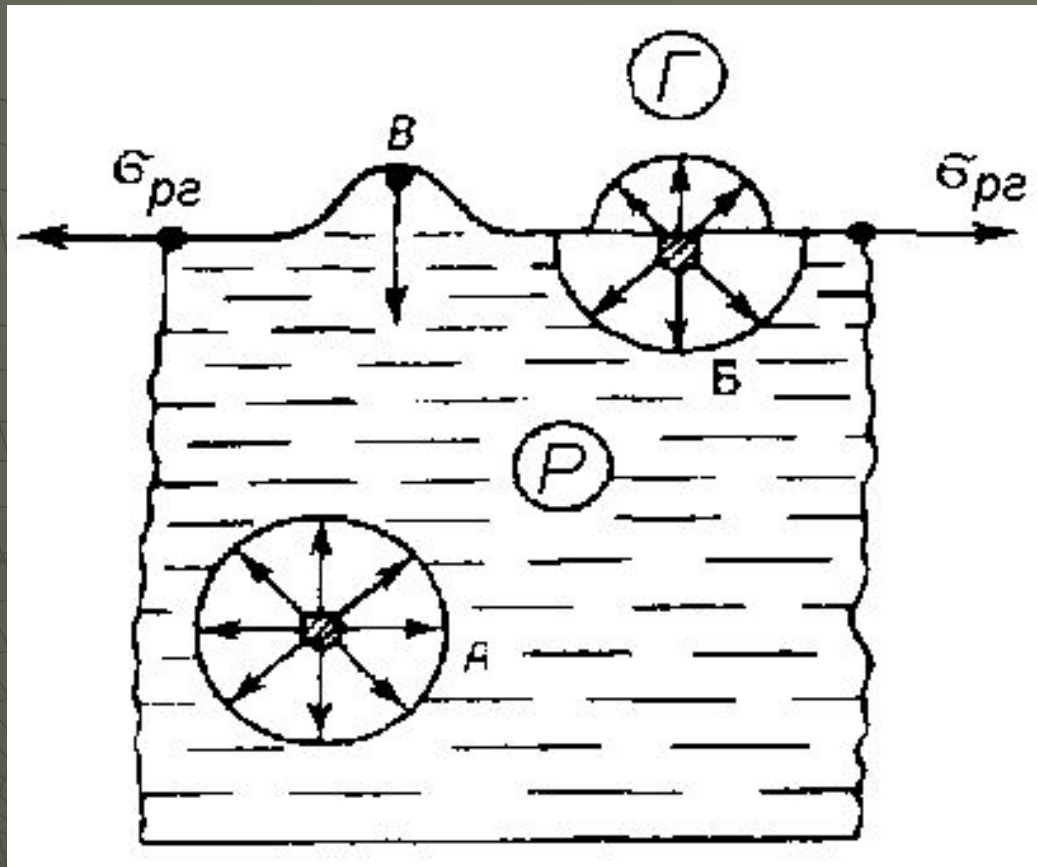


5. Поверхневі явища в дисперсних системах. Поверхнева енергія

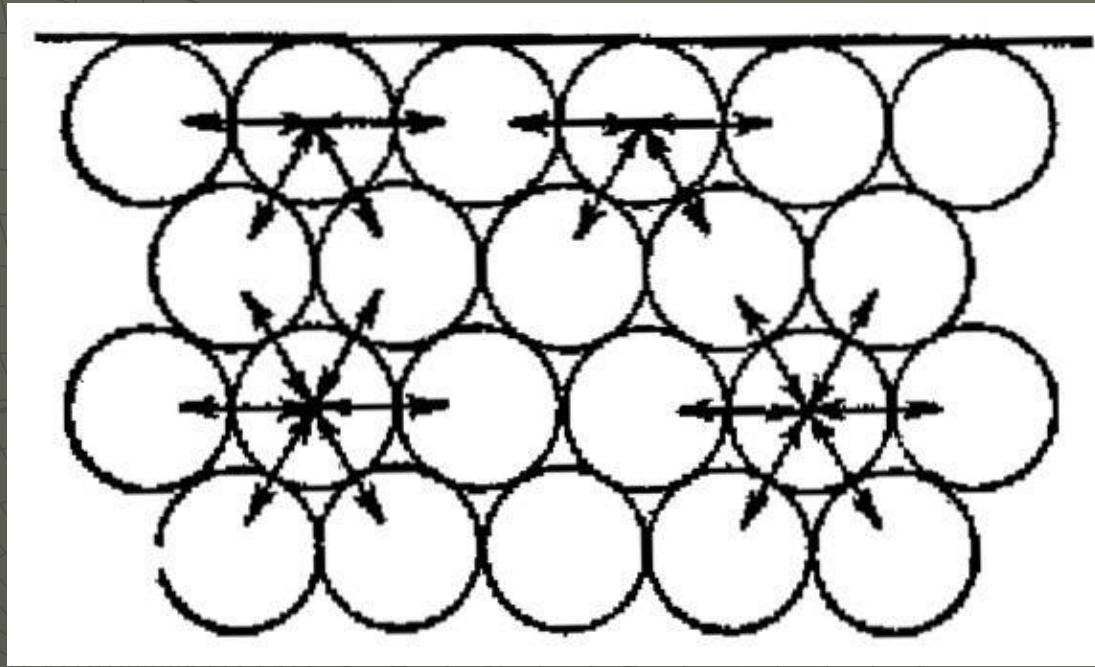
Поверхневі явища – явища на границі розподілу між двома фазами, обумовлені вільною поверхневою енергією

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 м^2 поверхні розподілу фаз.

Вільна поверхнева енергія гетерогенної системи:

$$G = \sigma \cdot S$$

Умова стійкої рівноваги системи - мінімум вільної енергії.

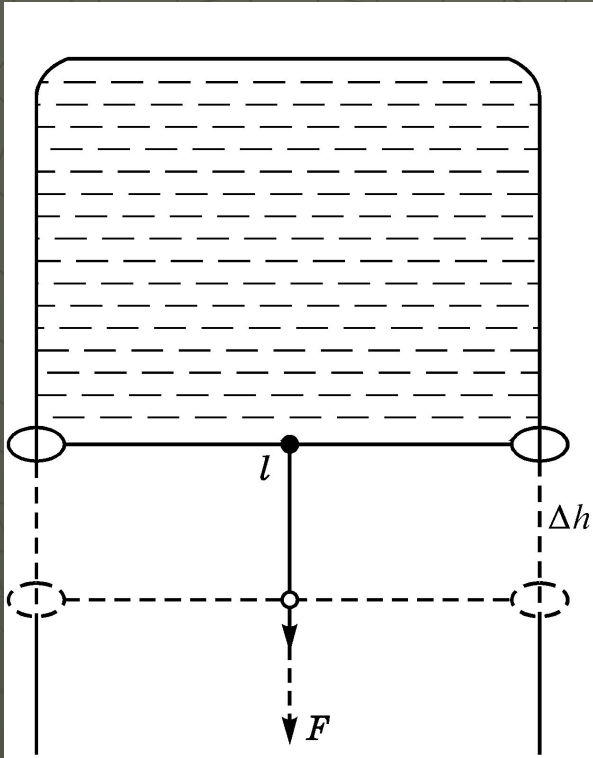
Системи з великим надлишком вільної енергії – нерівноважні і прагнуть до її довільного зменшення за рахунок:

- 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)

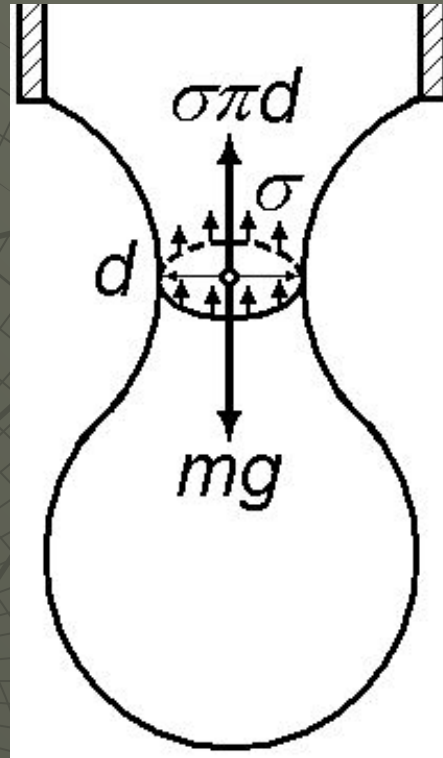
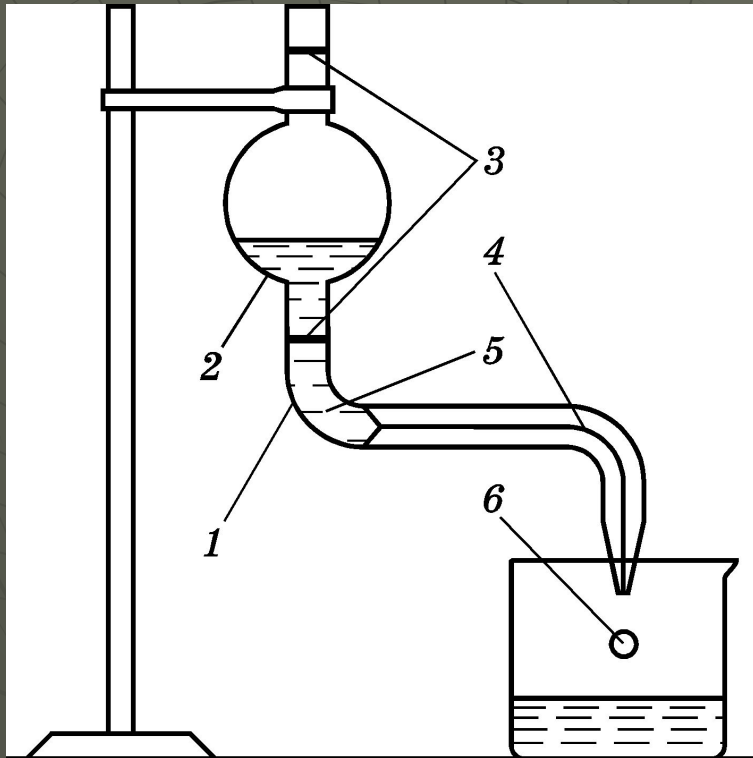


$$\sigma = \frac{F}{2l} = \frac{mg}{2l} = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

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

де l - ширина рамки, м

Метод рахунку крапель (сталагмометра)



$$\sigma \pi d = mg$$

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

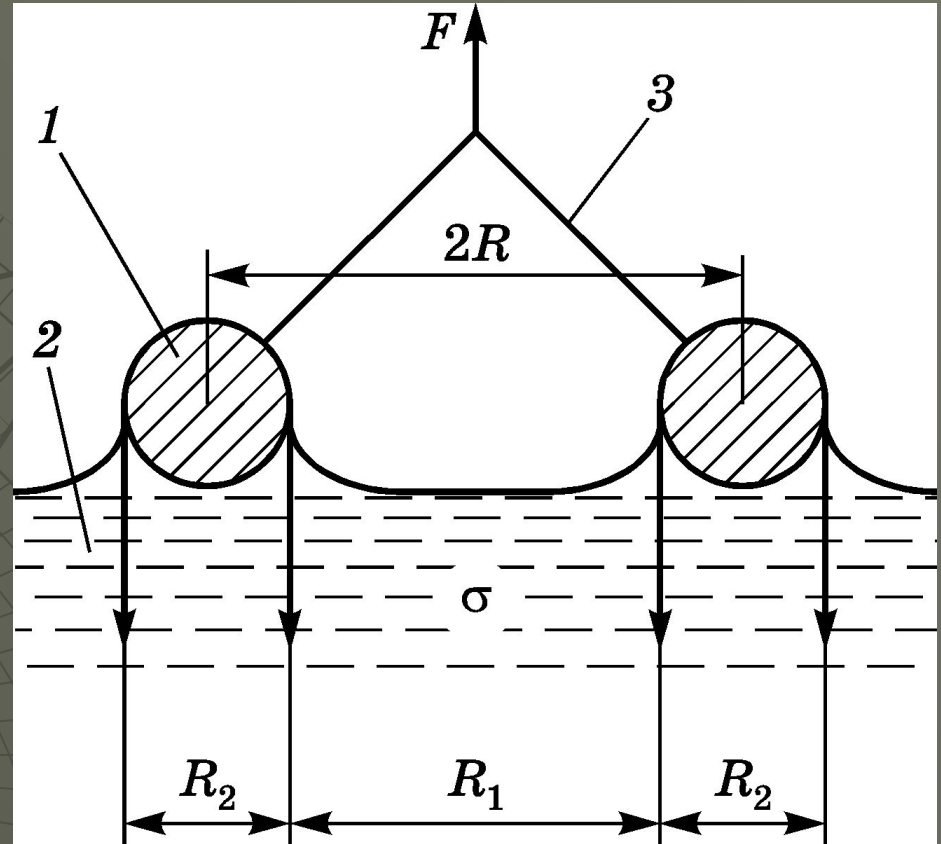
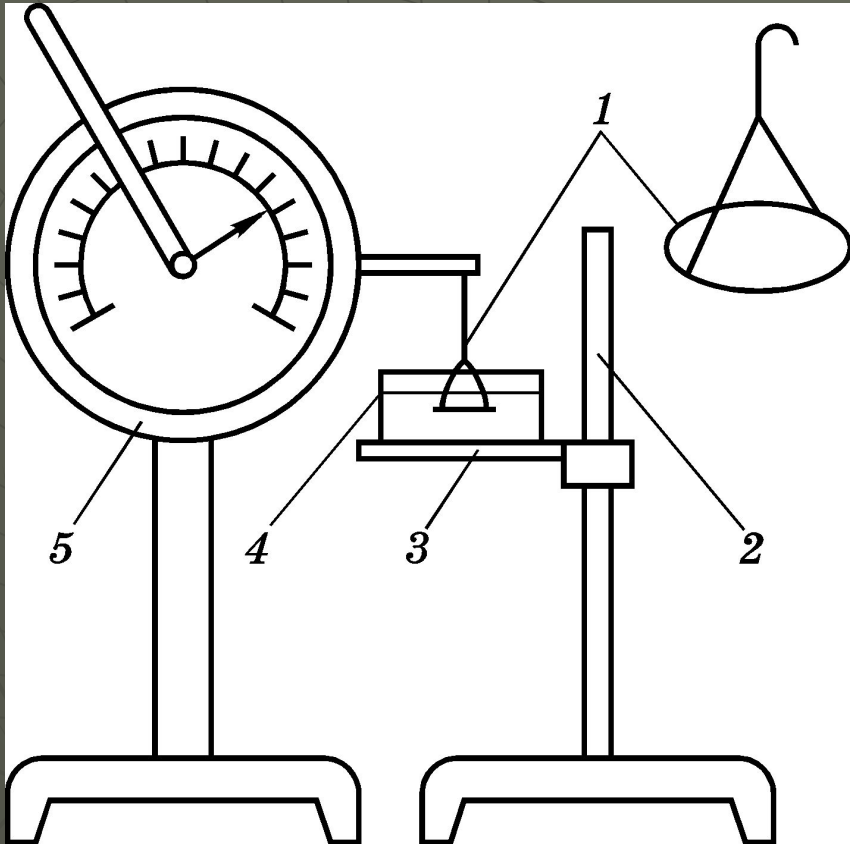
$$g = \sigma_0 \pi d_0 / m_0 = \\ = \sigma_1 \pi d_1 / m_1$$

$$d_0 \approx d_1$$

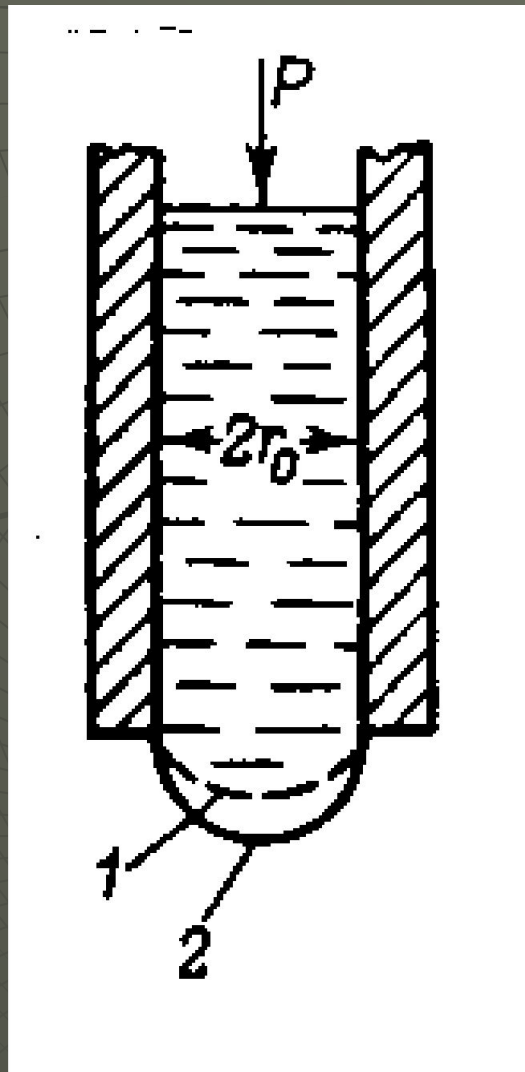
$$\sigma_1 = \sigma_0 m_1 / m_0$$

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

Метод відриву кільця



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

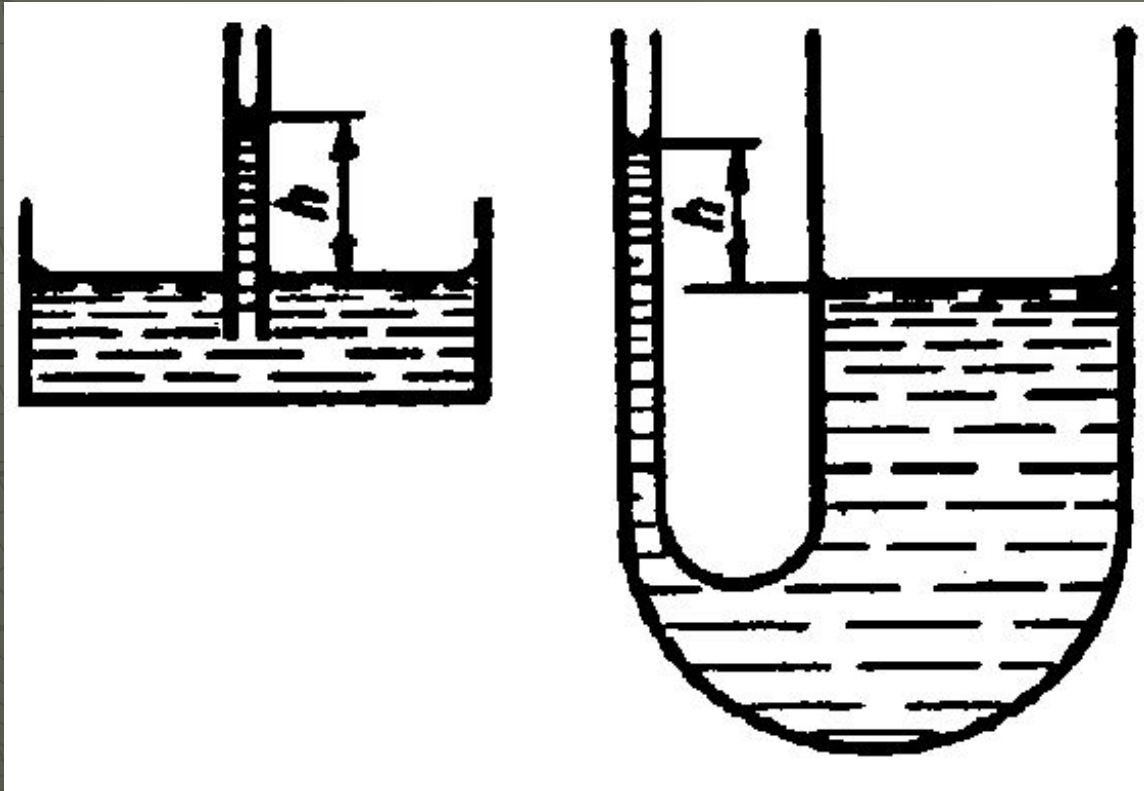


Метод найбільшого тиску бульбашки

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

де r - радіус капіляру трубки, через яку передається тиск

Метод капілярного підняття



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

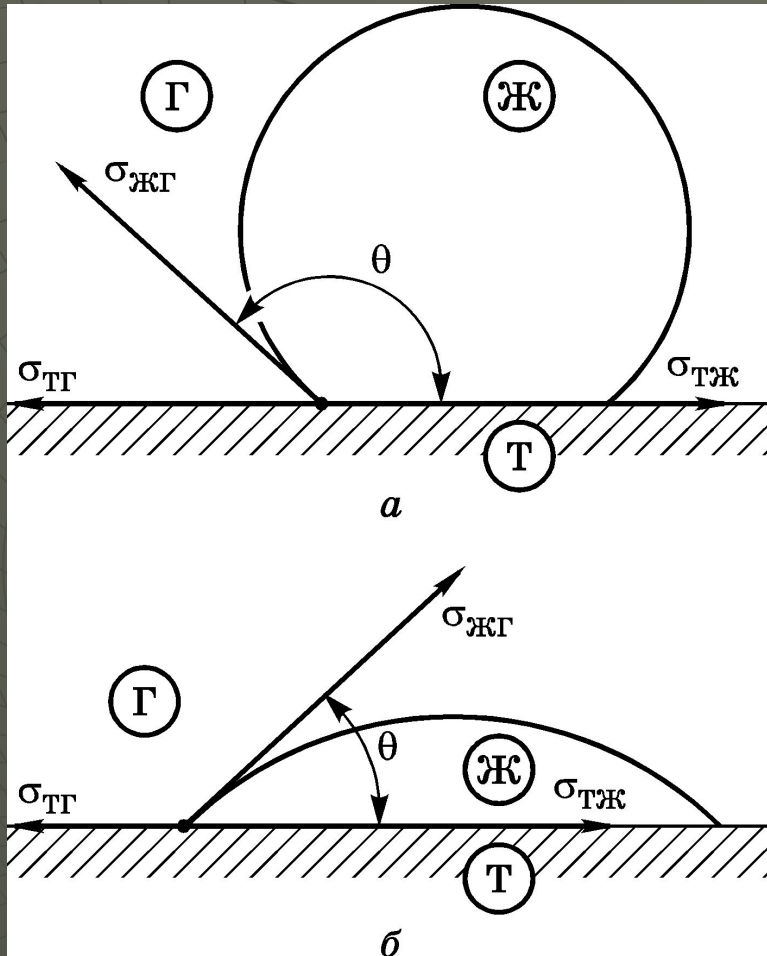
де h - висота підняття рідини в капілярі, м;

r - радіус капіляра, м;

ρ - густина рідини, кг/м^3 ;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Змочування поверхонь



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

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

Краевой угол смачивания θ – угол между твердой поверхностью и касательной к жидкой

Равновесие:

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

Работа когезии (сил сцепления внутри фазы):

$$W_c = 2\sigma_{ЖГ}$$

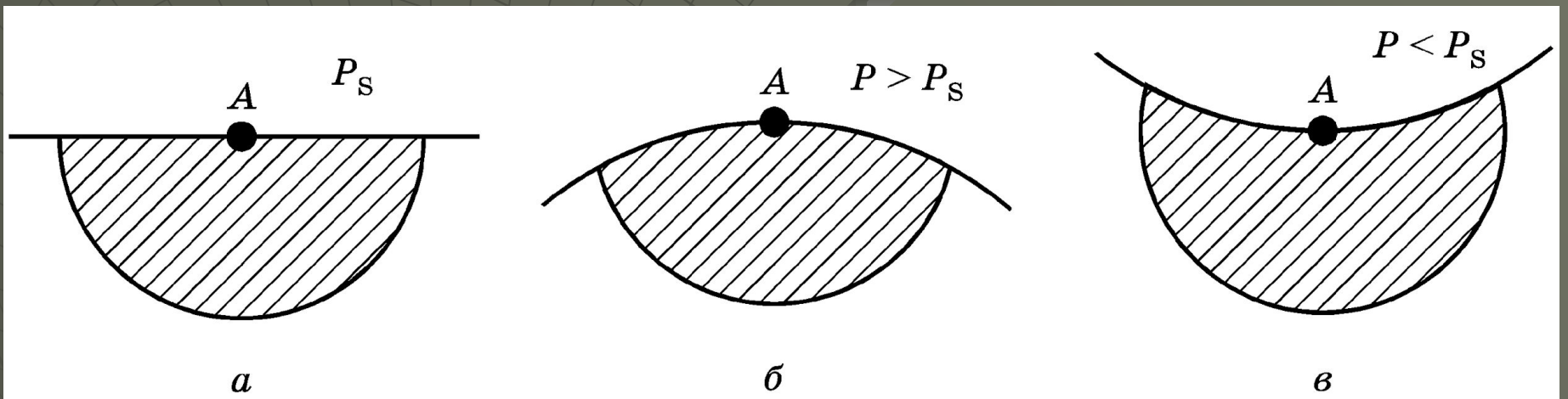
Работа адгезии (сил сцепления между фазами):

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

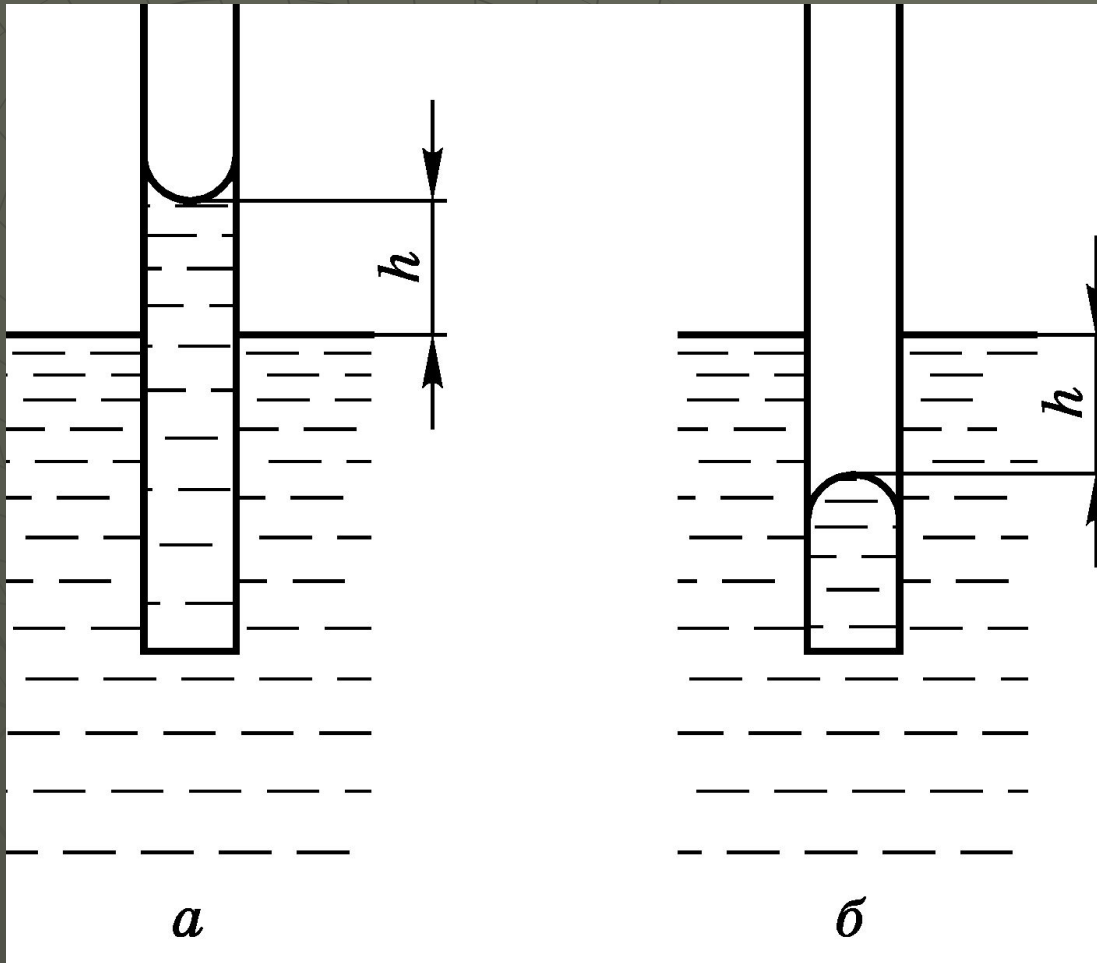
Коэффициент растекания:

$$W_a - W_c$$

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.