

Молекулярная физика.

- Лектор:
- Парахин А.С., к. ф.-м. наук, доцент.

Поверхностное натяжение



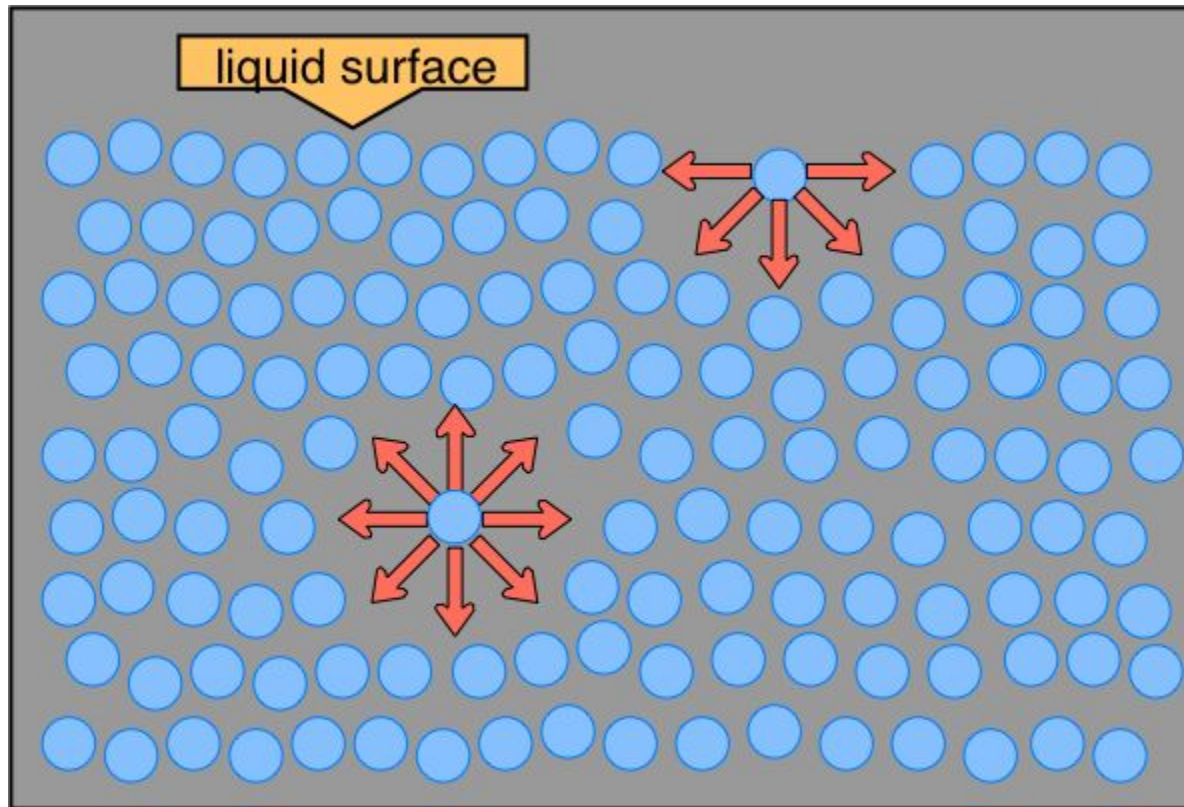
6. Термодинамика жидкостей.

- 6.1. Жидкости. Поверхностное натяжение.
- Определение.
- Жидкости – системы молекул, взаимодействие между которыми таково, что они могут перемещаться друг относительно друга, но так что число частиц в единице объёма остаётся неизменным.

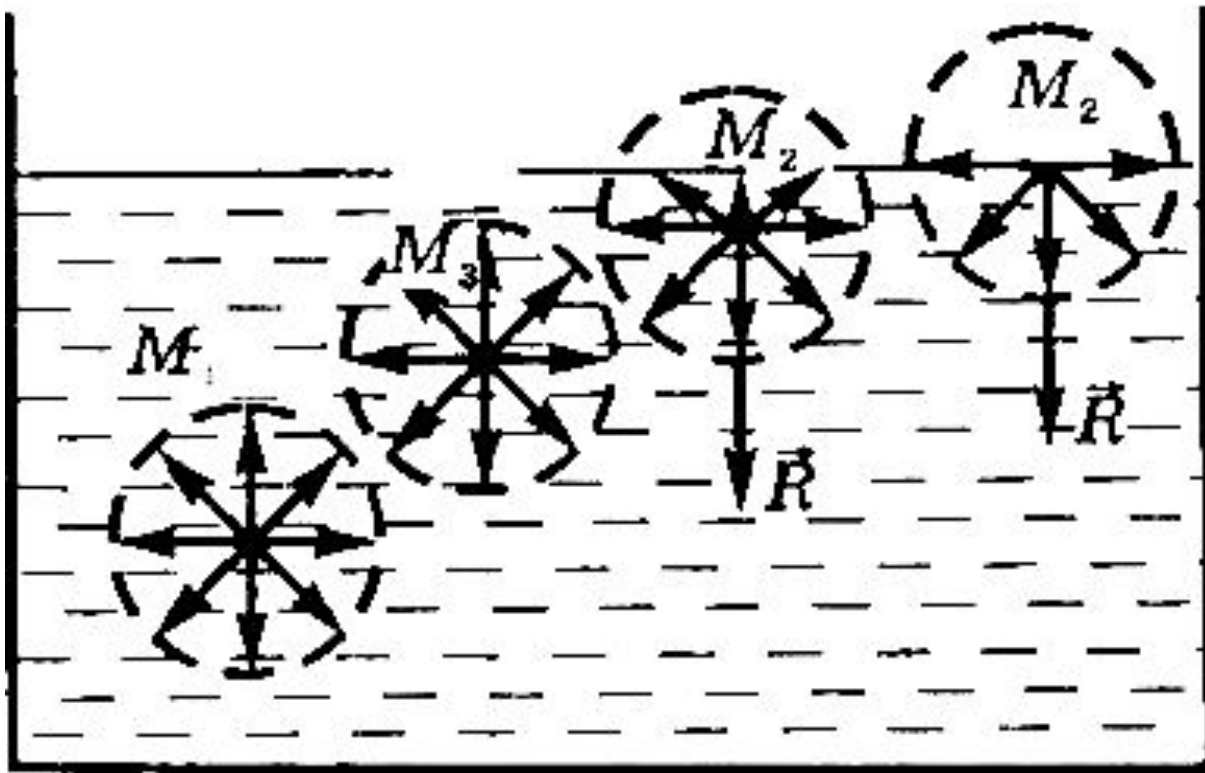
Свойства жидкости из определения...

- 1. Жидкость не занимает весь объём.
- 2. Возникает свободная поверхность жидкости.
- 3. На молекулы, находящиеся на поверхности действуют силы, направленные внутрь.

Силы действующие на приповерхностные молекулы.



Приповерхностный слой



Дополнительная энергия.

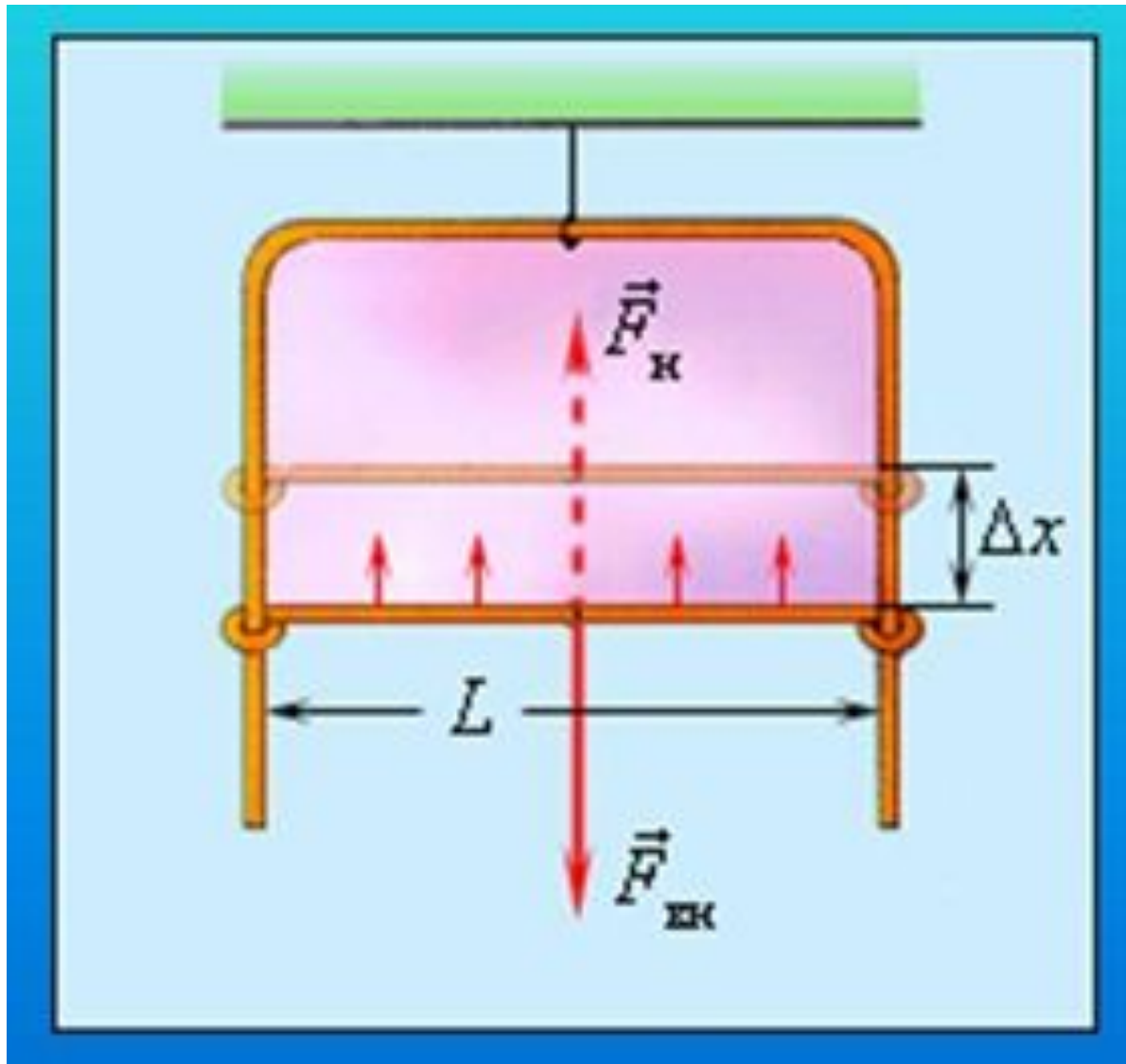
- Приближаясь к поверхности, молекула теряет скорость и приобретает дополнительную потенциальную энергию.

- $\Delta U = \sigma \Delta S$

Коэффициент поверхностного натяжения.

- Определение.
- Величина, численно равная изменению энергии плёнки свободной поверхности жидкости при изменении её площади на единицу, называется коэффициентом поверхностного натяжения.
- 1. $[\sigma] = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$
- 2. Скалярная величина.

Рамка с подвижным звеном.



Сила поверхностного натяжения.

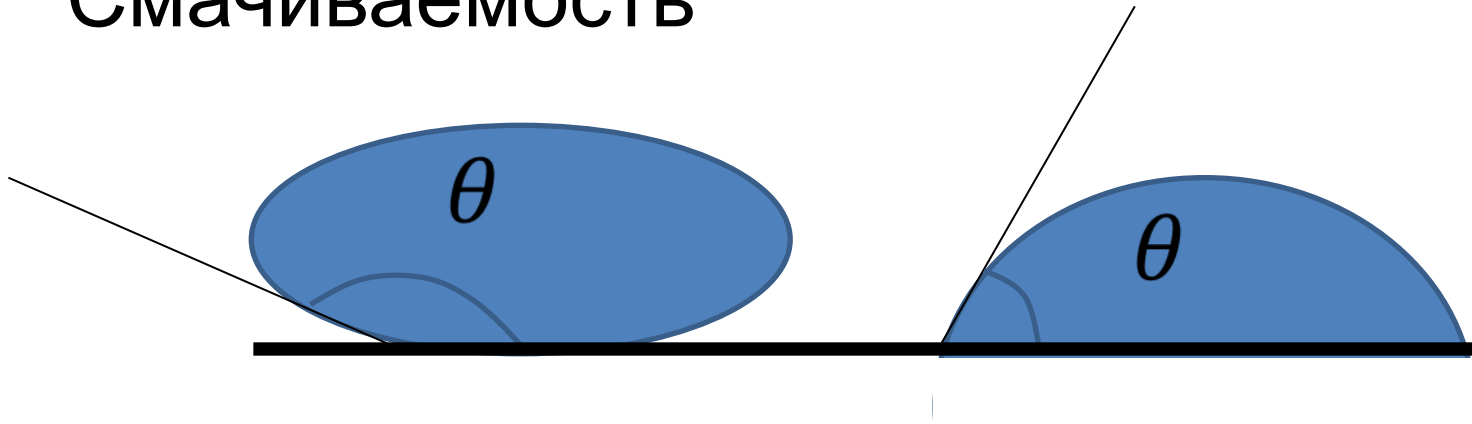
- $A = 2F\Delta x$
- $\Delta U = 2\sigma\Delta xL$
- $A = \Delta U \Rightarrow 2F\Delta x = 2\sigma\Delta xL \Rightarrow$
 $F = \sigma L$
- $\sigma = \frac{F}{L} \Rightarrow [\sigma] = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Влияние примесей.

- Сила поверхностного натяжения действует на любую границу на поверхности жидкости.
- Примеси влияют на коэффициент поверхностного натяжения: мыло уменьшает, сахар, соль увеличивают.

6.2. Явление смачивания. Угол смачивания.

- Несмачиваемость
Смачиваемость

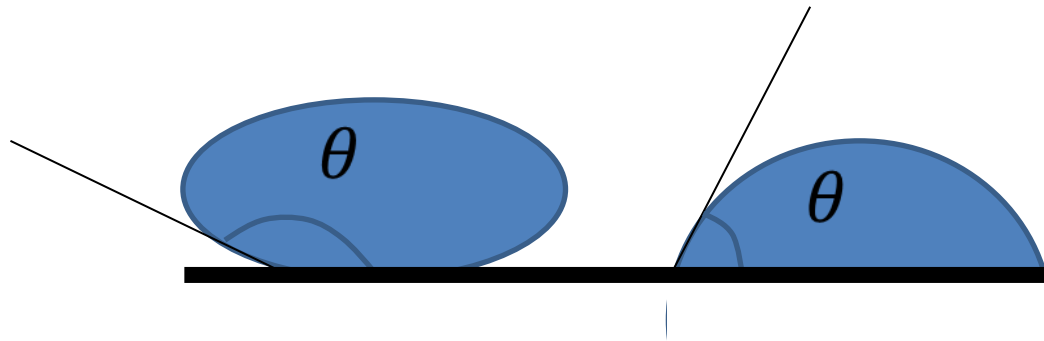


Угол смачивания..

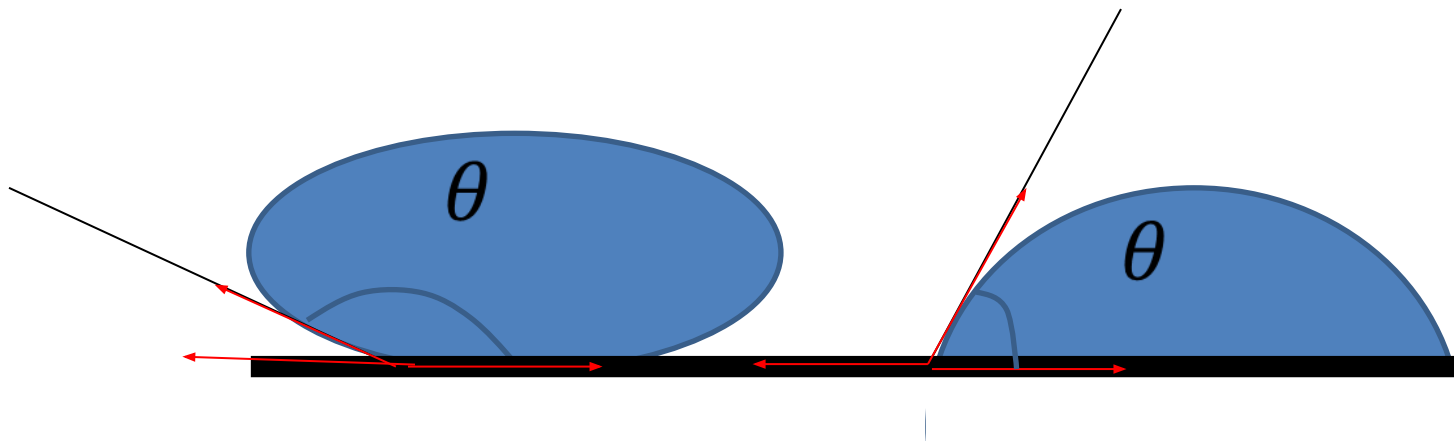
- Для характеристика смачиваемости вводят понятие угла смачивания или краевого угла.
- Определение.
- Угол между поверхностью т.т. и касательной плоскостью к поверхности капли в точке соприкосновения поверхности капли с поверхностью т.т. называется углом смачивания или краевым углом. При этом угол смачивания всегда содержит жидкость.

Связь смачиваемости с углом смачивания.

- Если угол смачивания тупой – жидкость не смачивает поверхность т.т., если острый – смачивает.



Силы, действующие на края капельки.



Условие равновесия капли.

$$\bullet dF_{\text{ТГ}} = \sigma_{\text{ТГ}} dl$$

$$\bullet dF_{\text{ТЖ}} = \sigma_{\text{ТЖ}} dl$$

$$\bullet dF_{\text{ГЖ}} = \sigma_{\text{ГЖ}} dl$$

$$\bullet dF_{\text{ТГ}} = dF_{\text{ТЖ}} + dF_{\text{ТЖ}} \cos\theta \Rightarrow$$

$$\bullet \sigma_{\text{ТГ}} dl = \sigma_{\text{ТЖ}} dl + \sigma_{\text{ГЖ}} dl \cos\theta$$

Косинус угла смачивания.

- Сократим на длину:
- $\sigma_{ТГ} = \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ГЖ} \cos\theta$
- $\cos\theta = \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ГЖ}}$

Анализ формулы угла смачивания.

- $0 < \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ГЖ}} < 1 \Rightarrow$
- $\cos\theta > 0 \Rightarrow \theta$ – острый, смачивание
- $-1 < \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ГЖ}} < 0 \Rightarrow$
- $\cos\theta < 0 \Rightarrow \theta$ – тупой, несмачивание.

Полное смачивание.

$$\bullet \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ГЖ}} > 1 \Rightarrow$$

$$\bullet \sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ} > \sigma_{ГЖ} \Rightarrow$$

$$\bullet \sigma_{ТГ} > \sigma_{ТЖ} + \sigma_{ГЖ} \Rightarrow$$

$$A = 0$$

Полное несмачивание.

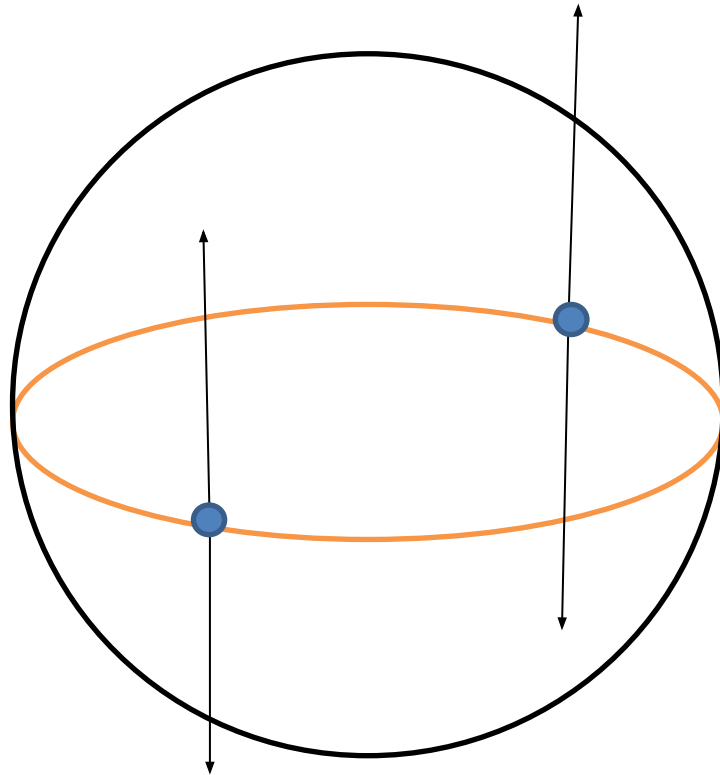
$$\bullet \frac{\sigma_{\text{ТГ}} - \sigma_{\text{ТЖ}}}{\sigma_{\text{ГЖ}}} < -1 \Rightarrow$$

$$\bullet \sigma_{\text{ТГ}} - \sigma_{\text{ТЖ}} < -\sigma_{\text{ГЖ}} \Rightarrow$$

$$\sigma_{\text{ТЖ}} > \sigma_{\text{ТГ}} + \sigma_{\text{ГЖ}} \Rightarrow$$

$$\bullet \theta = \pi$$

6.3. Давление под изогнутой поверхностью.



Дополнительное давление.

- $F = \sigma 2\pi R$
- $p_{\text{доп}} = \frac{F}{\pi R^2} = \frac{2\sigma}{R}$
- $p_{\text{доп}} = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ – Формула Лапласа
- R_1 и R_2 – радиусы кривизны в двух взаимно перпендикулярных сечениях поверхности, содержащих нормаль к поверхности.

Знаки радиусов поверхности.

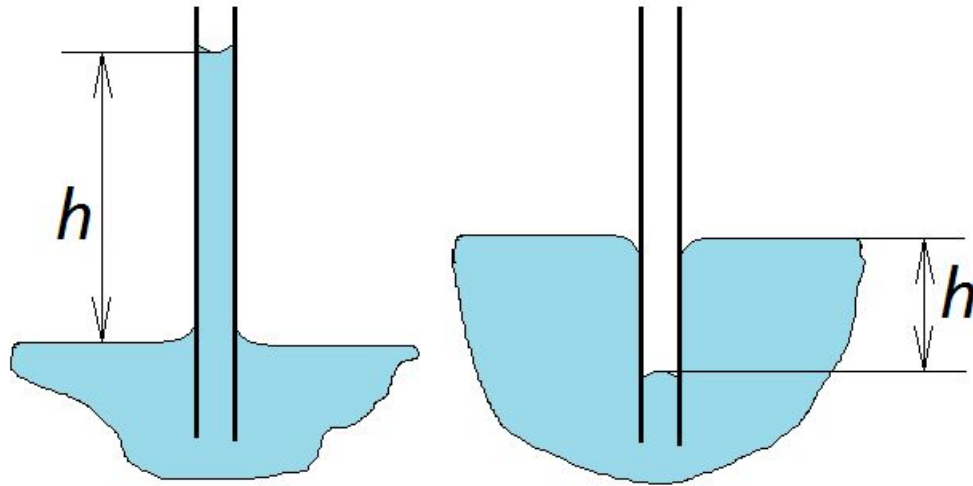
- При этом необходимо учитывать знаки радиусов кривизны. Если поверхность выпукла в сторону от жидкости, она имеет положительный знак радиуса и создаёт избыточное положительное давление. Если поверхность выпукла в сторону жидкости, она имеет отрицательный радиус кривизны и создаёт отрицательное дополнительное давление.

6.4. Капиллярные явления.

- Определение.
- Капиллярными явлениями называются явления, связанные с действием поверхностного натяжения в капиллярах.
- Определение.
- Капиллярами называются трубки произвольного, но малого сечения.

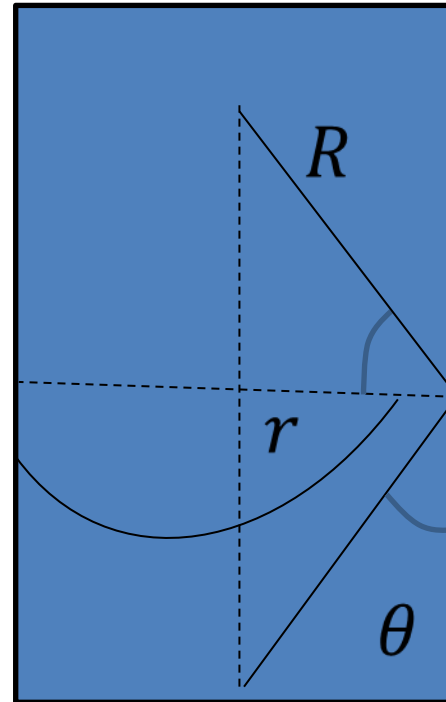
Капилляры в жидкости.

- Пусть в жидкость перпендикулярно к свободной поверхности вставлен капилляр, т.е. трубка малого диаметра.



Связь радиуса кривизны и радиуса капилляра.

- $R = \frac{r}{\cos\theta}$



Дополнительное давление в капилляре.

- $p_{\text{доп}} = \frac{2\sigma}{R}$
- $R = \frac{r}{\cos\theta}$
- $p_{\text{доп}} = \frac{2\sigma\cos\theta}{r}$

Равенство давлений. Высота подъёма жидкости в капилляре.

- $\rho g h = \frac{2\sigma \cos\theta}{r}$

- $h = \frac{2\sigma \cos\theta}{r\rho g}$

Поднятие воды в капилляре.

- Оценим высоту подъёма воды в капилляре радиусом 1 мм. Будем считать, что вода смачивает стекло полностью, значит угол смачивания равен нулю.
- $$h = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 10} = 1.46 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Примеры капиллярных явлений.

- Капиллярные явления определяют подъём воды в почве, подъём питательных веществ по волокнам деревьев и т.п.
- Задача. Оценить толщину капилляров волокон дерева, если его высота равна 20 м.