

Молекулярная физика

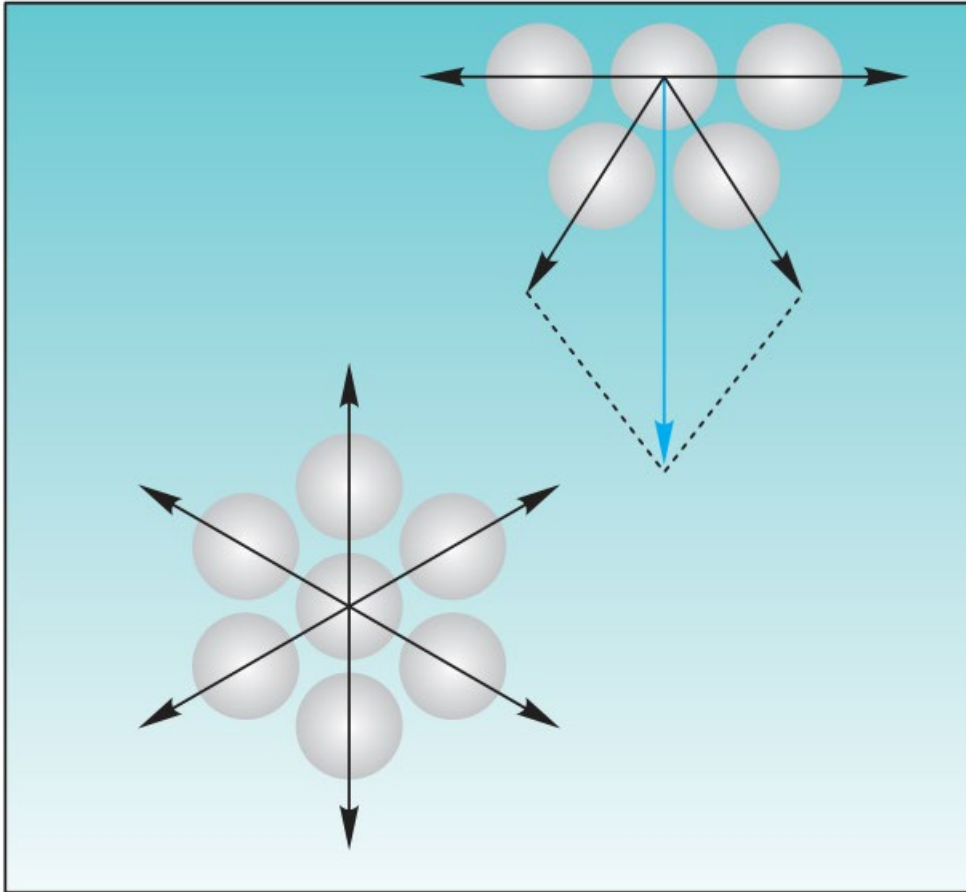
Лекция 9



План лекции

- Жидкости
- Поверхностные явления
- Коэффициент поверхностного натяжения
- Краевой угол
- Смачивание и несмачивание
- Формула Лапласа
- Капиллярные явления

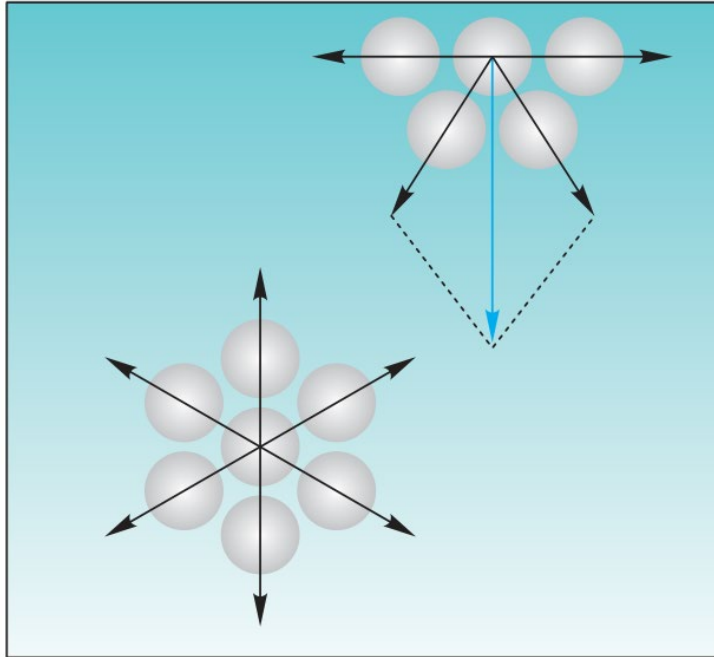
Поверхностное натяжение



Жидкое состояние возникает тогда, когда потенциальная энергия притяжения молекул превосходит по абсолютному значению их кинетическую энергию. Силы притяжения между молекулами в жидкости значительны и обеспечивают удержание молекул в объеме жидкости.

Таким образом, у жидкости образуется поверхность, которая ограничивает ее объем. Поверхность, ограничивающая данный объем, зависит от формы. Из геометрии известно, что при заданном объеме минимальной поверхностью обладает шар.

Поверхностное натяжение



Равнодействующая сил, приложенных к отдельной молекуле, будет равна нулю, если молекула находится в глубине объема. На молекулу, находящуюся вблизи поверхности, будет действовать равнодействующая сила, перпендикулярная поверхности и направленная внутрь жидкости.

При увеличении площади Σ поверхности жидкости на величину $d\Sigma$ часть молекул, преодолевая силу притяжения, «вытаскивается» на поверхность. Для этого надо совершить работу $\delta A_{\text{внеш}}$ внешних сил, которая при постоянной температуре затрачивается на увеличение потенциальной энергии жидкости. При этом работа системы

$$\delta A = -\delta A_{\text{внеш}}.$$

Поверхностное натяжение

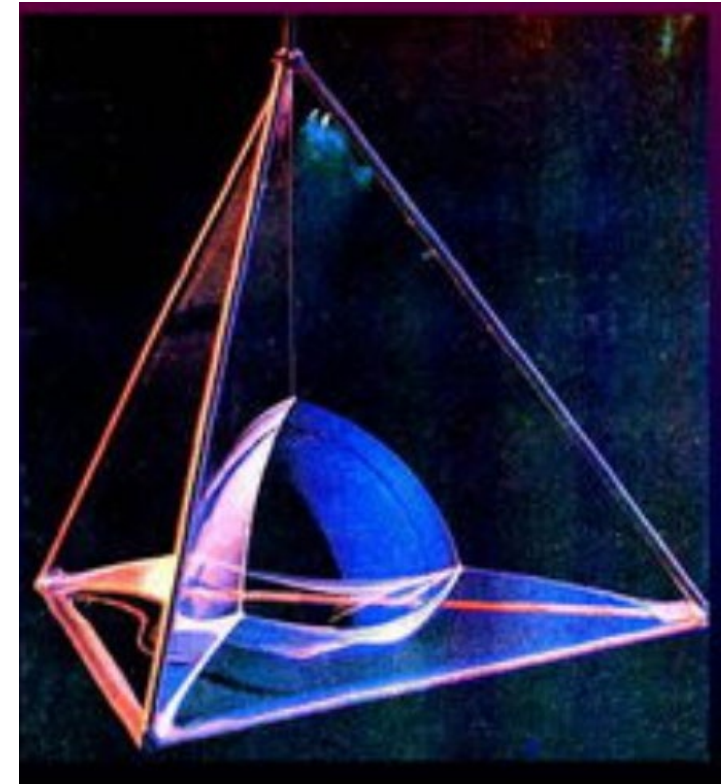
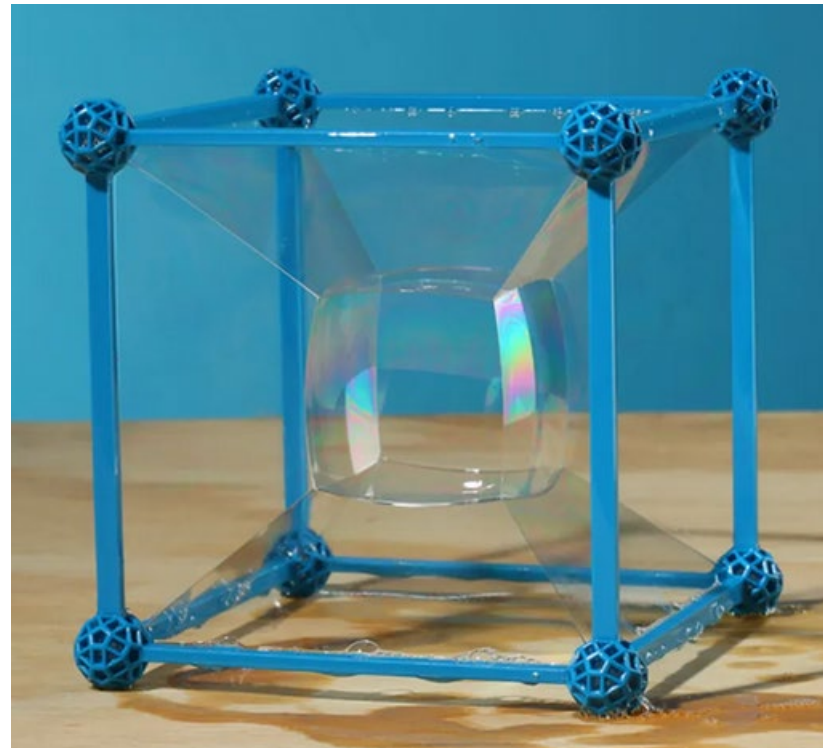
При изотермическом процессе изменение свободной энергии с обратным знаком равно совершенной системой работе

$$\delta A = dA = -dF = -\sigma d\Sigma$$

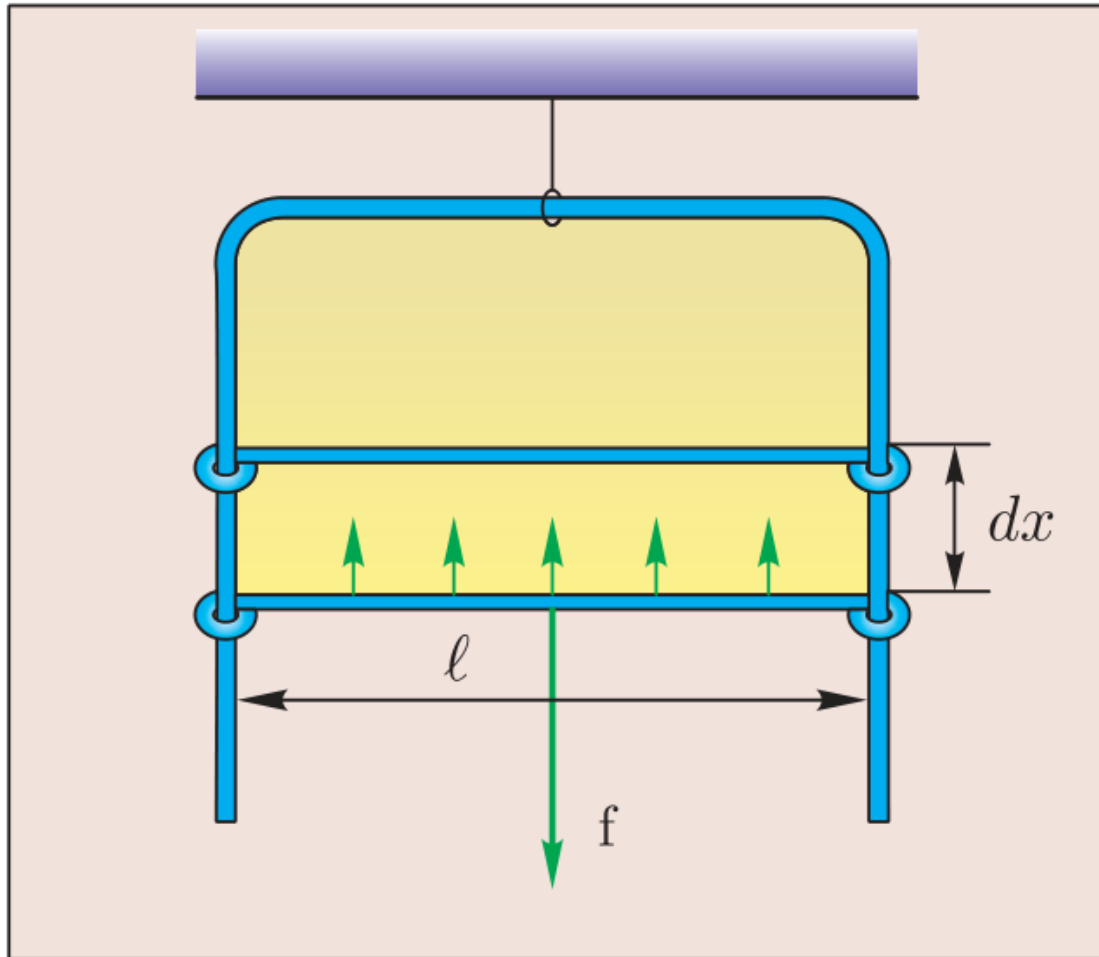
где σ — **поверхностная плотность свободной энергии.**

При постоянном объеме и температуре устойчивому состоянию термодинамической системы соответствует минимальное значение свободной энергии, которое реализуется при минимальном значении площади поверхности. Поэтому капля жидкости в отсутствие внешних сил (или в невесомости) приобретает шарообразную форму.

Форма мыльной пленки



Поверхностное натяжение



$$\sigma = \frac{f}{l}$$

Коэффициент
поверхностного
натяжения [Н/м]

Поверхностное натяжение

$$\Delta A_{\text{внеш}} = \Delta F$$

$$\sigma = c(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}})^4 \quad \text{Формула Бачинского}$$

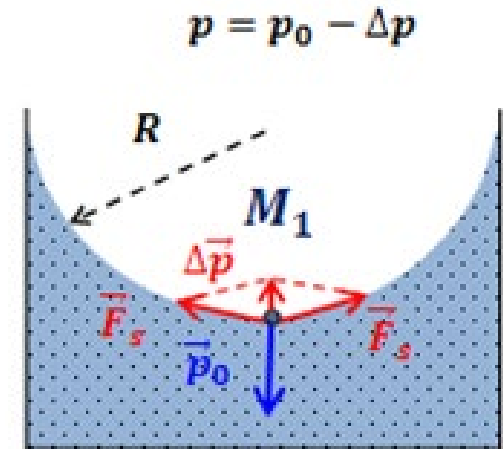
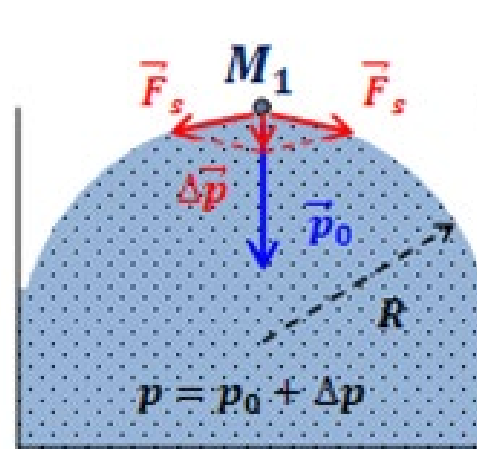
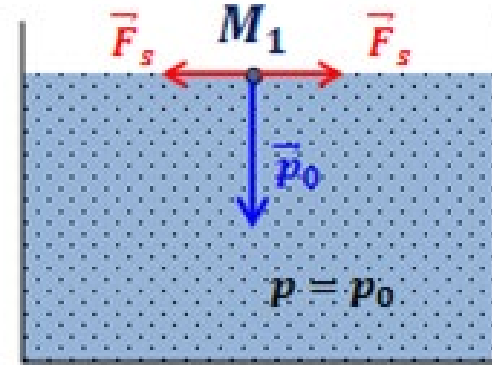
Формула Лапласа

Капиллярное давление появляется вследствие поверхностного натяжения жидкости, стремящейся уменьшить площадь поверхности.

Для сферической капли: $\Delta p = \frac{2\sigma}{r}$

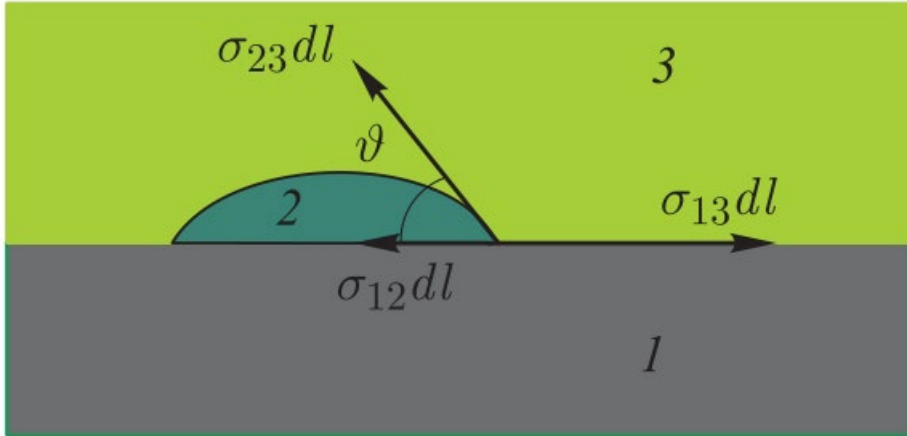
В общем случае произвольной поверхности избыточное давление определяется двумя главными радиусами кривизны r_1 и r_2 :

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$



Формула Лапласа

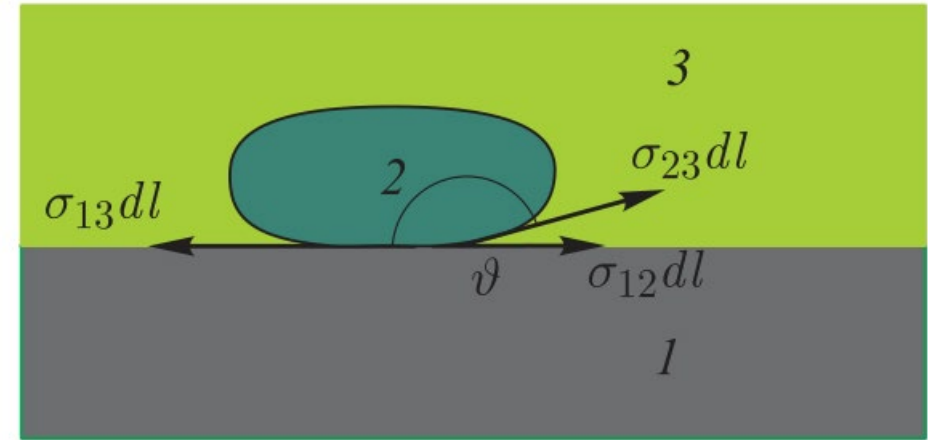
Смачивание. Краевой угол



Условие равновесия $\sigma_{13} = \sigma_{23} \cos \theta + \sigma_{12}$

$$\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$$

Жидкость **смачивает**
поверхность твердого
тела



$$\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$$

Жидкость **не смачивает**
поверхность твердого
тела

Граница жидкость-твердое тело

$$\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$$

Жидкость **не смачивает** поверхность твердого тела



Капли росы

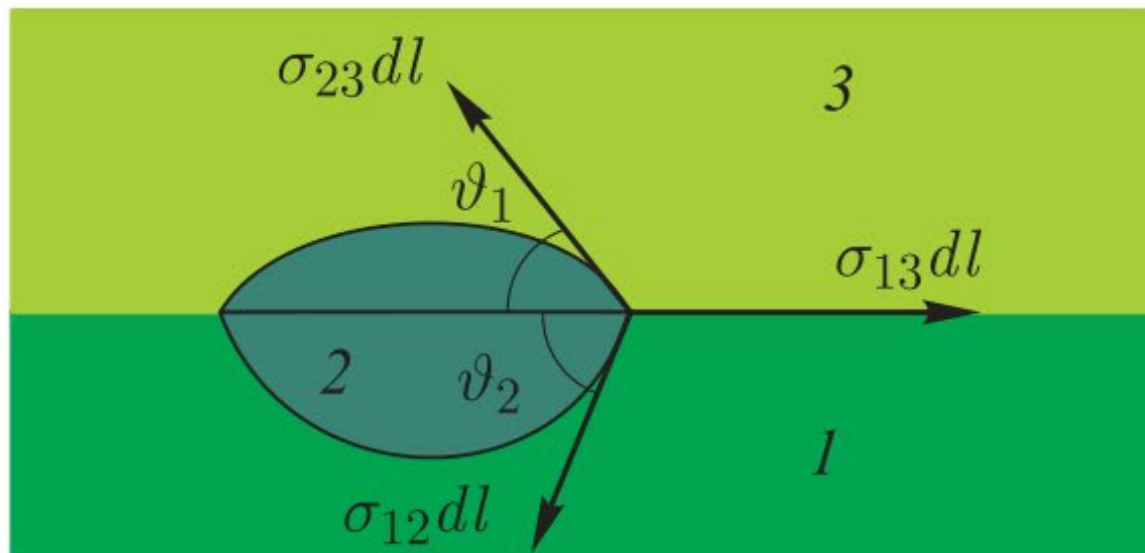


Водомерки



Иголka плавает на воде

Смачивание. Краевой угол

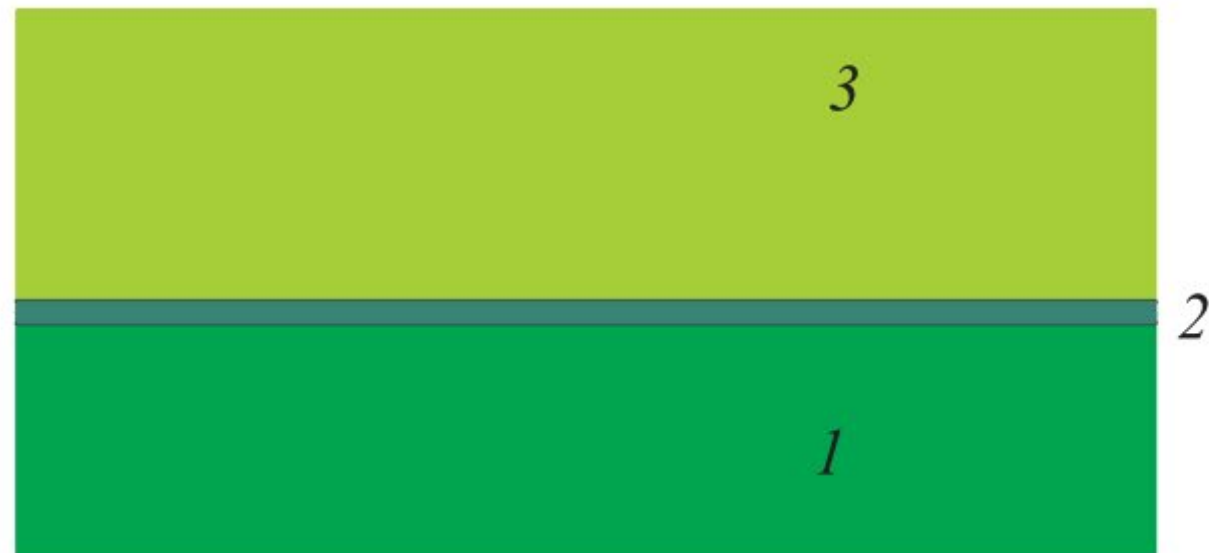


Условия равновесия

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} \cos \theta_1 + \sigma_{12} \cos \theta_2$$

$$\sigma_{23} \sin \theta_1 - \sigma_{12} \sin \theta_2 = 0$$

θ_1, θ_2 – краевые углы



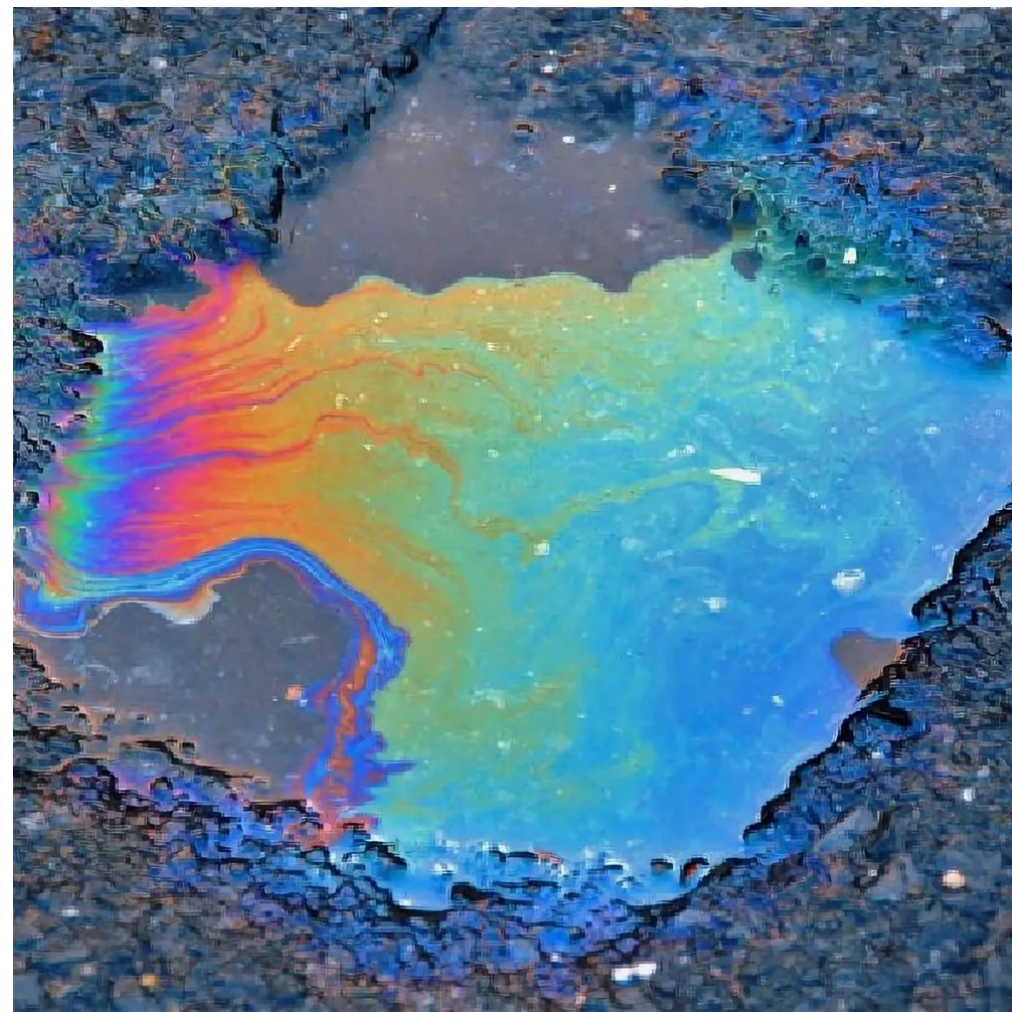
$$\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$$

Капля растекается по поверхности

Граница жидкость-жидкость

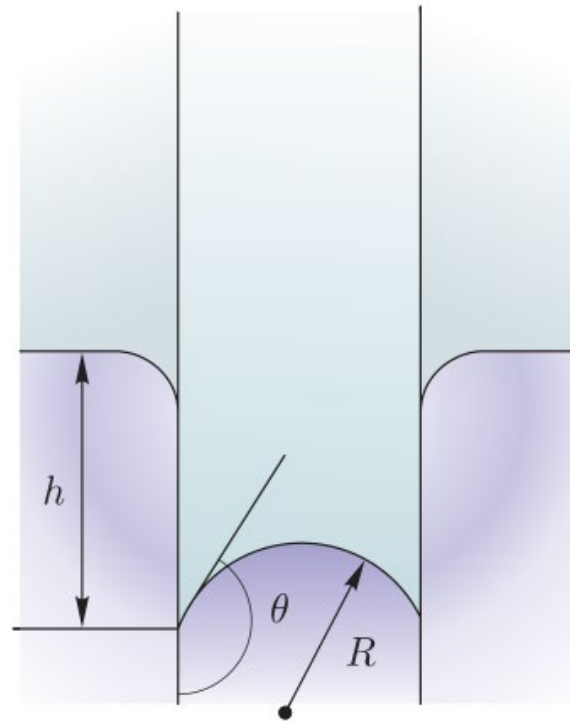
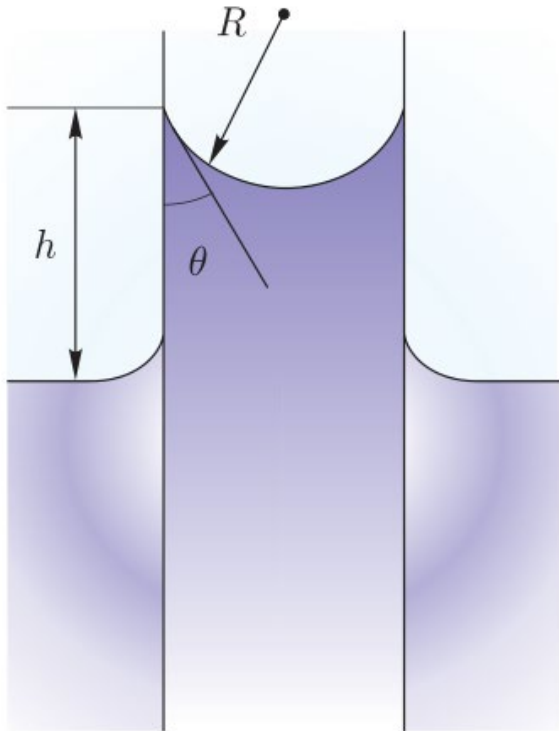


Полное
смачивание



Полное
несмачивание

Капиллярные явления

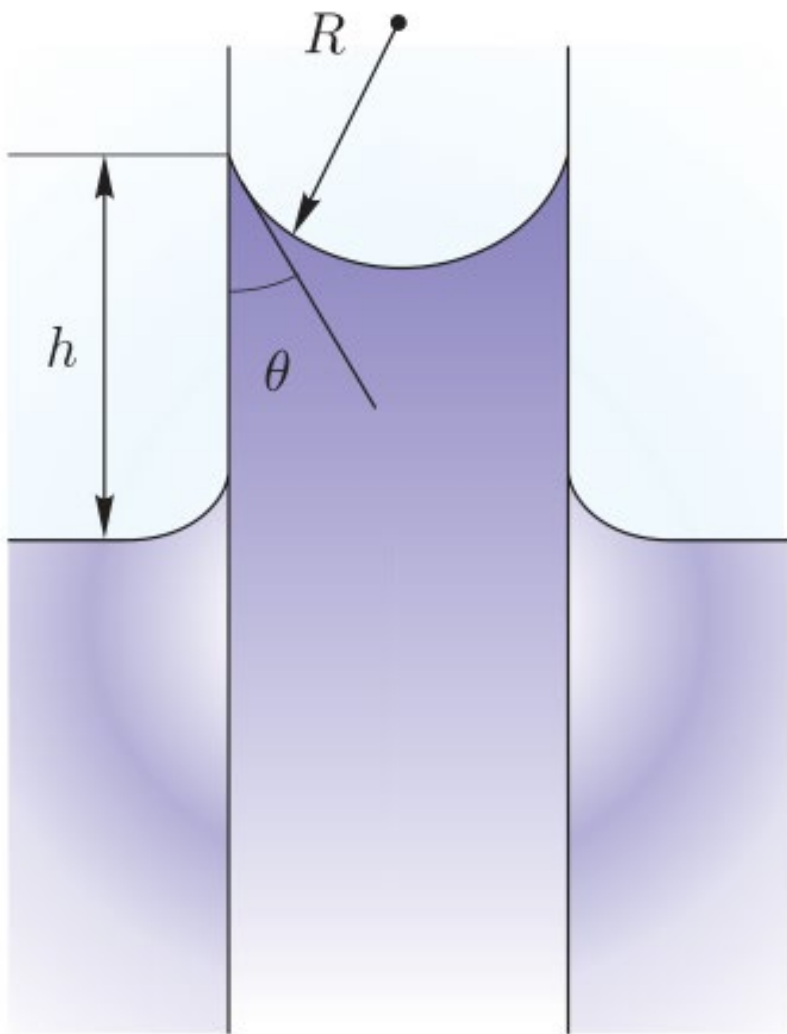


Жидкость в сосуде вследствие поверхностного натяжения взаимодействует с вертикальными стенками.

Если **жидкость смачивающая**, то ее уровень вблизи стенки стремится подняться.

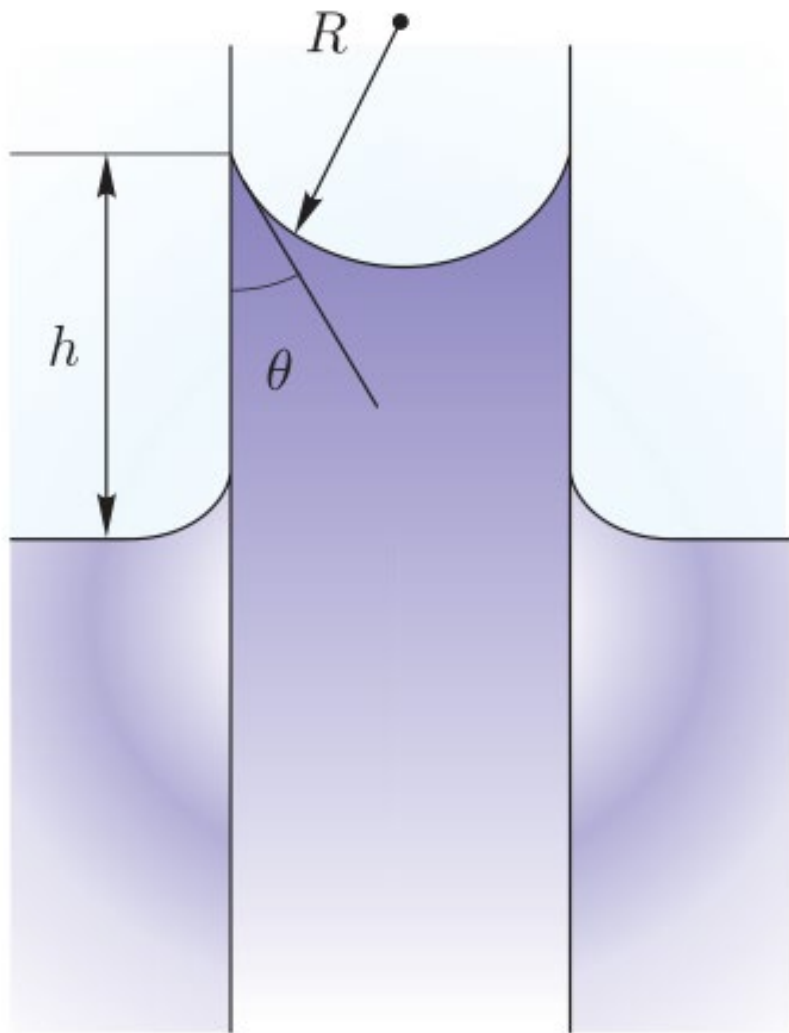
Если **несмачивающая** – то он стремится опуститься.

Капиллярные явления



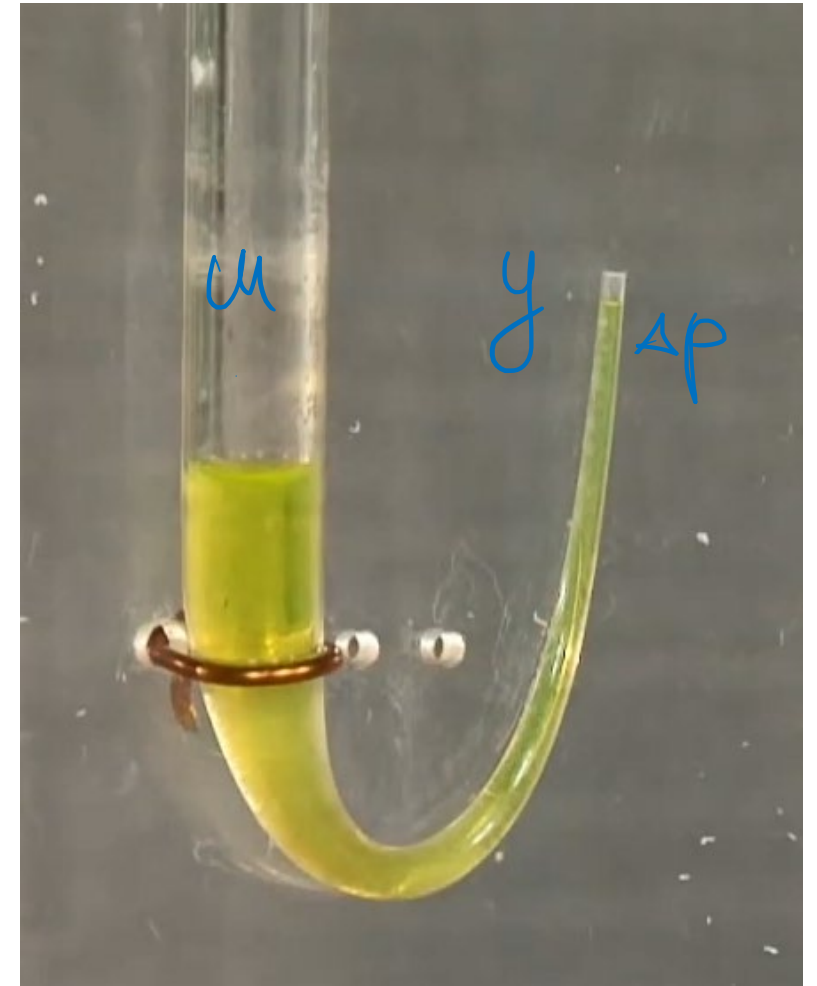
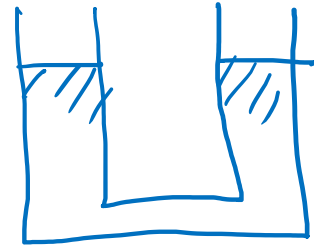
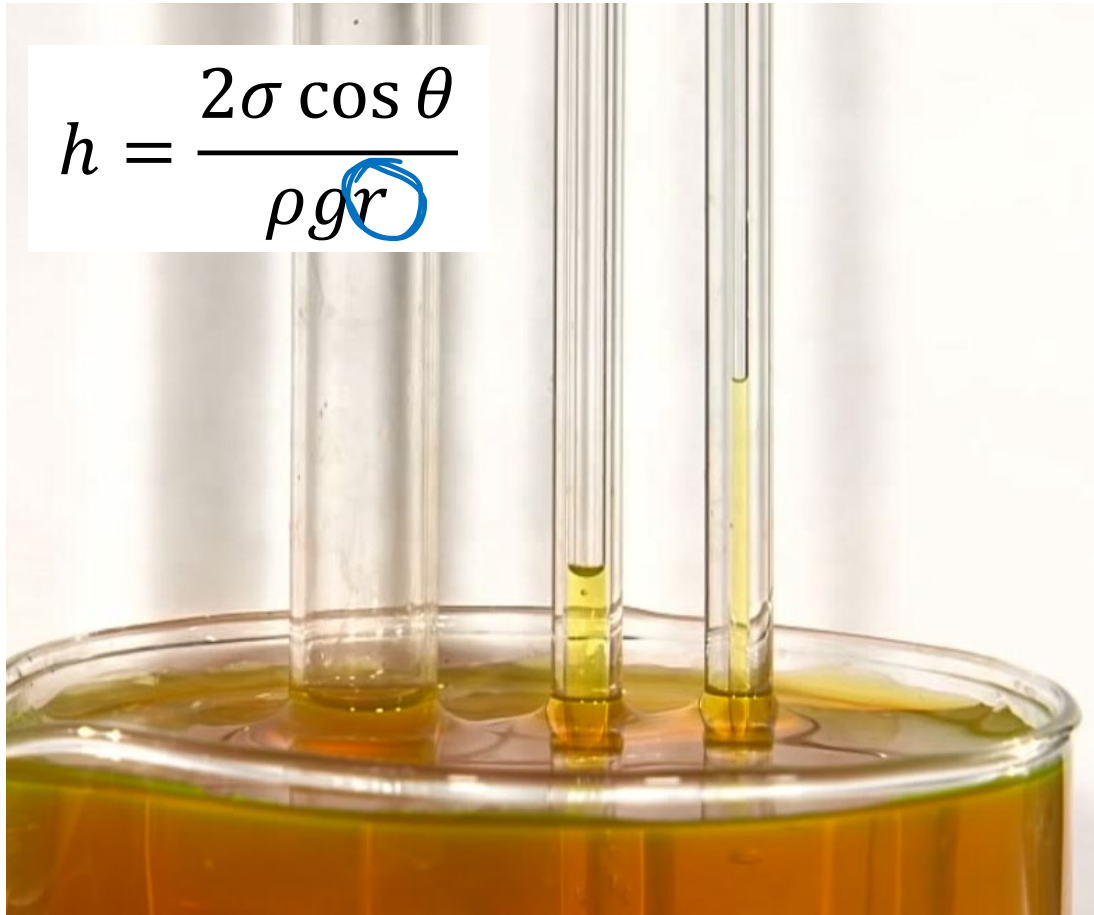
$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

Капиллярные явления



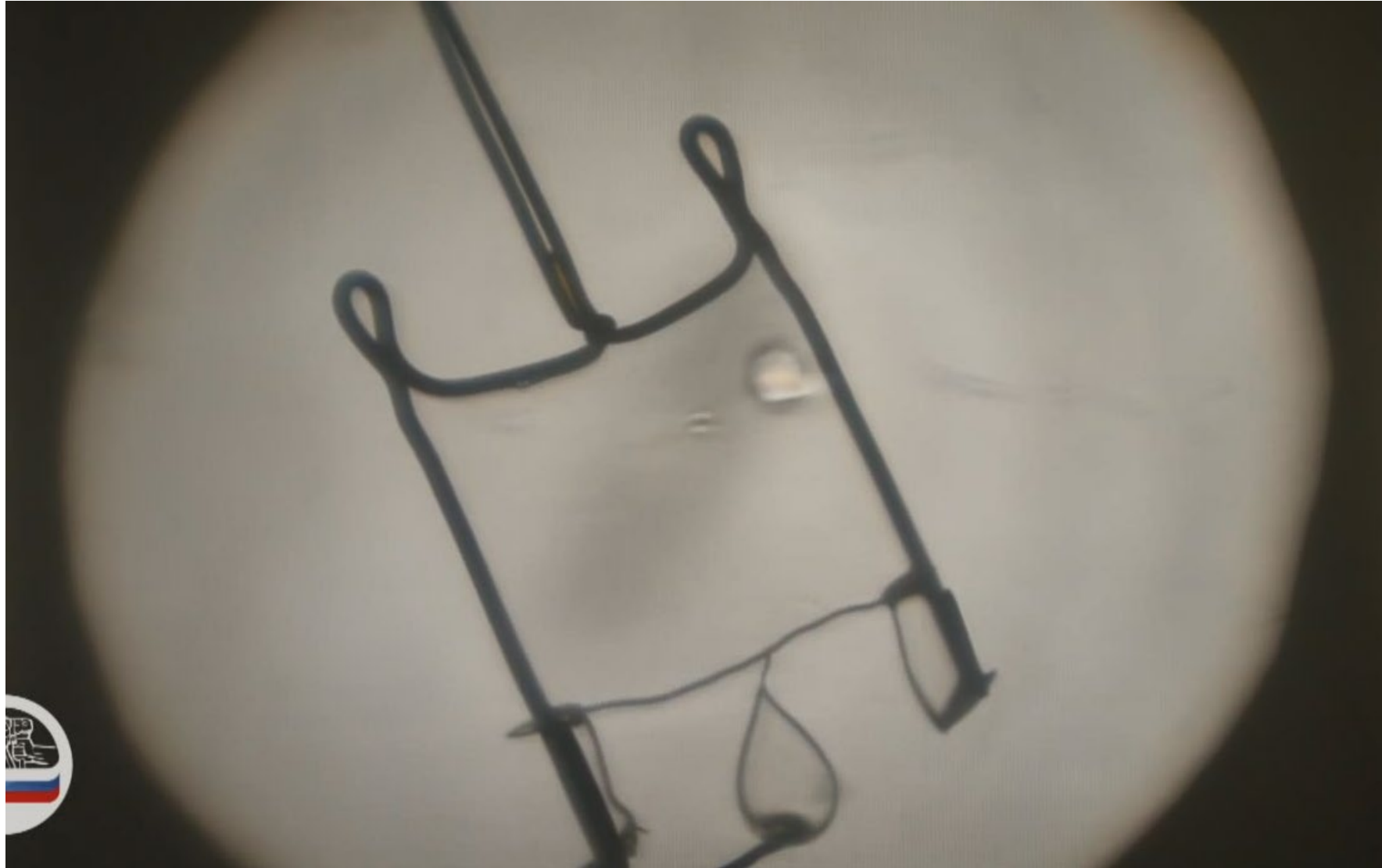
Капиллярные явления

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

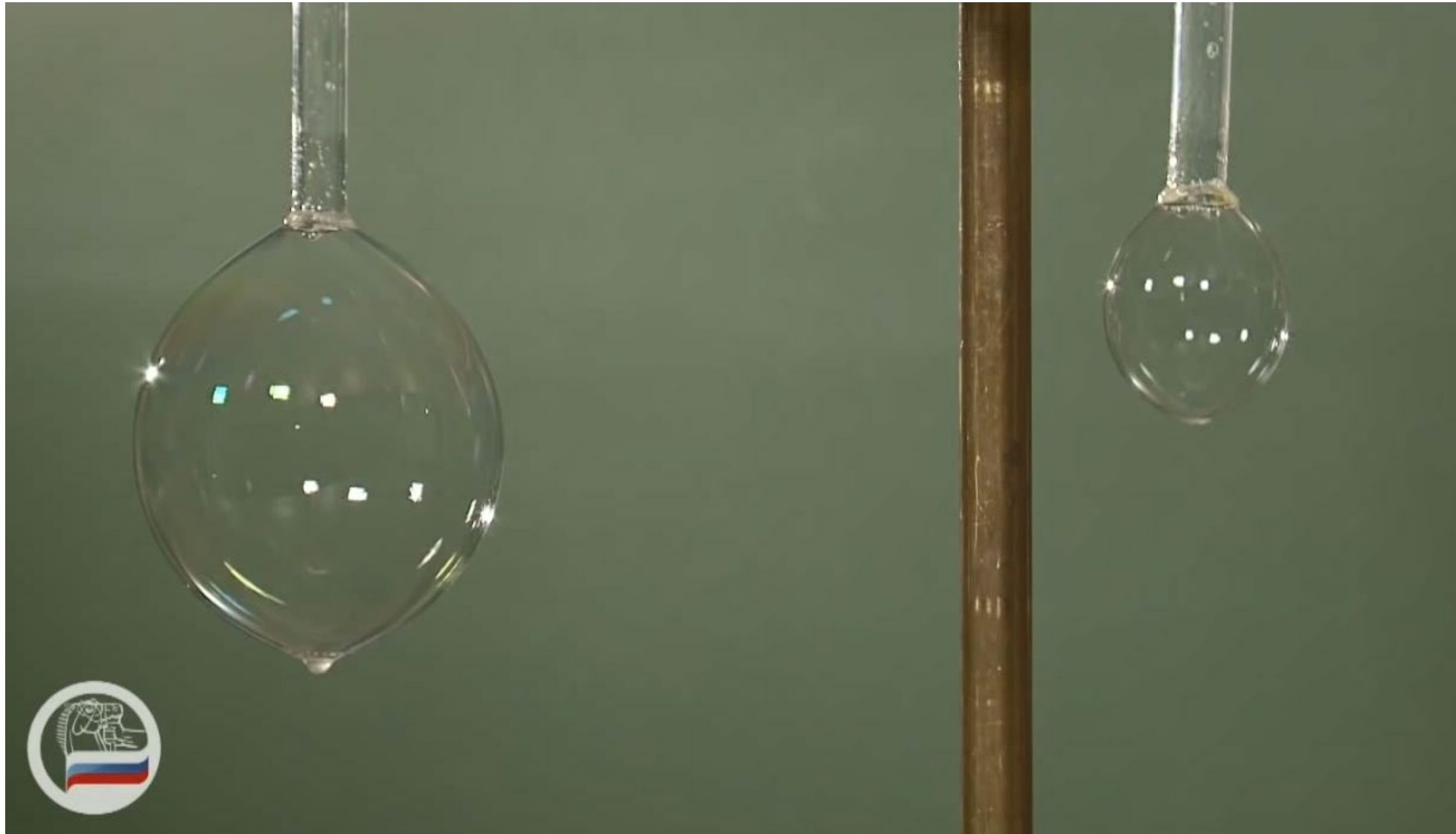


Сообщающиеся капилляры

Рамка с перекладиной



Сообщающиеся мыльные пузыри



Вода в решетке



Капля воды и ртути



Опыт с пыльцой и парами эфира

