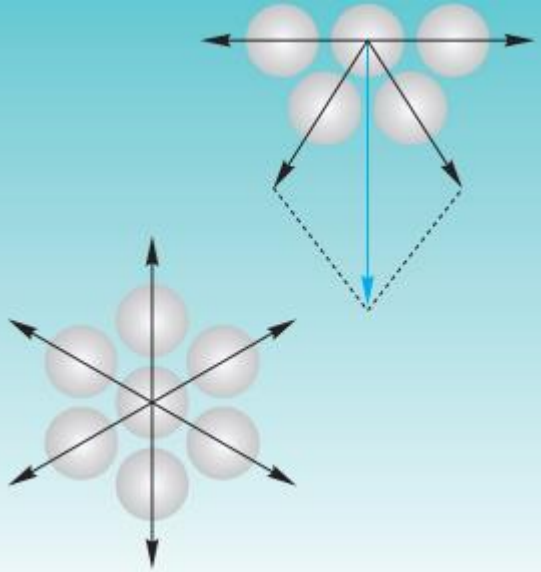


Поверхностные явления

- Поверхностное натяжение
- Условия равновесия на границе двух жидкостей
- Формула Лапласа
- Капиллярные явления

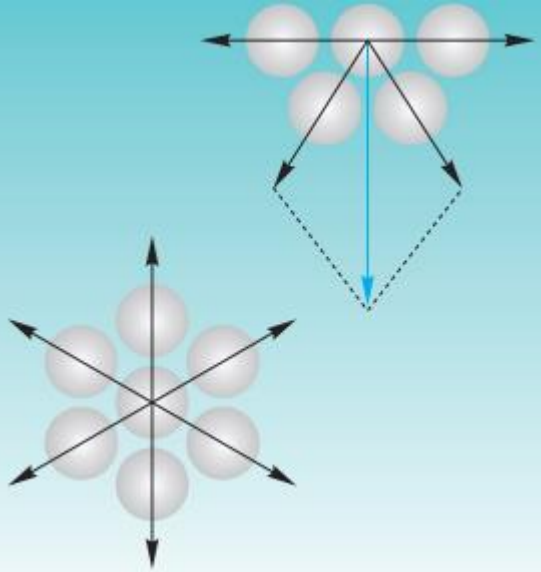
Поверхностное натяжение



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.

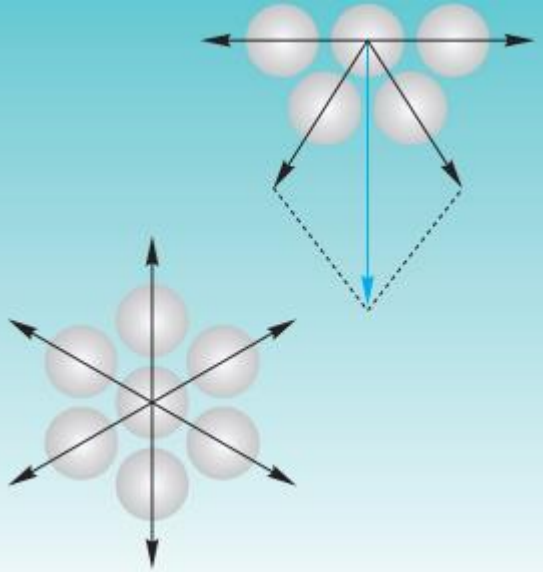
Поверхностное натяжение



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 $\delta A_{\text{внш}}$ внешних сил, которая при постоянной температуре затрачивается на увеличение потенциальной энергии жидкости. При этом работа системы $\delta A = -\delta A_{\text{внш}}$.

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.**

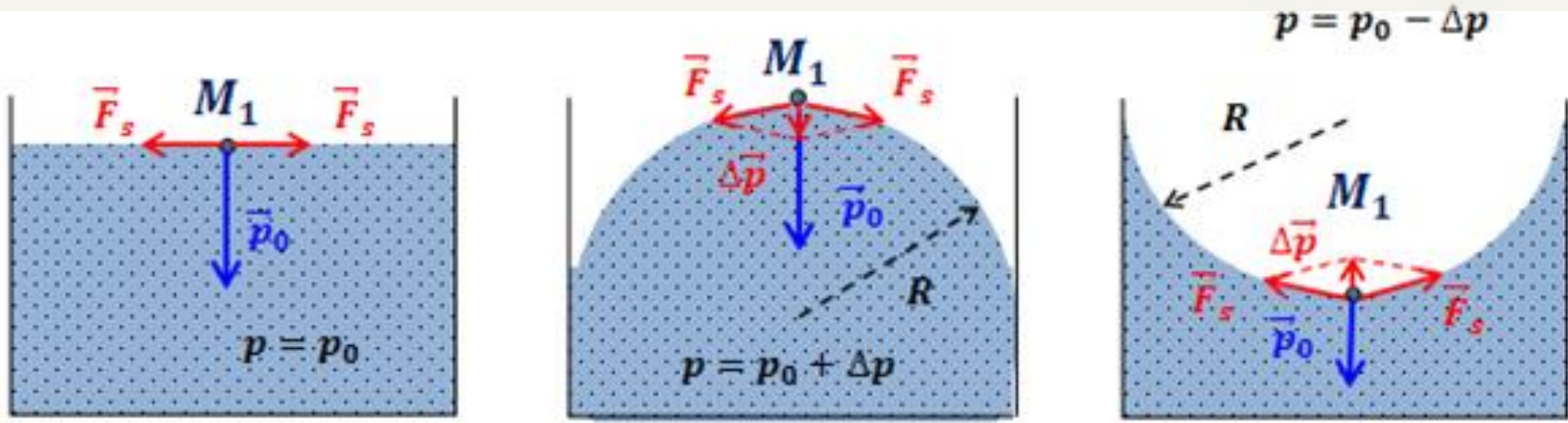
При постоянном объеме и температуре устойчивому состоянию термодинамической системы соответствует минимальное значение свободной энергии, которое реализуется при минимальном значении площади поверхности. Поэтому капля жидкости в отсутствие внешних сил (или в невесомости) приобретает шарообразную форму.

Поверхностное натяжение

Вещество	σ , мДж/м ²	Вещество	σ , мДж/м ²
Гелий (ж)	0,22	Ртуть	473,5
Диэтиловый эфир	17,2	*Железо (т)	3959
Этанол	21,6	*Вольфрам (т)	6814
Муравьиная к-та	36,3	*Алмаз	11400
Вода	71,96		

* - представлены величины удельной поверхностной энергии

Формула Лапласа



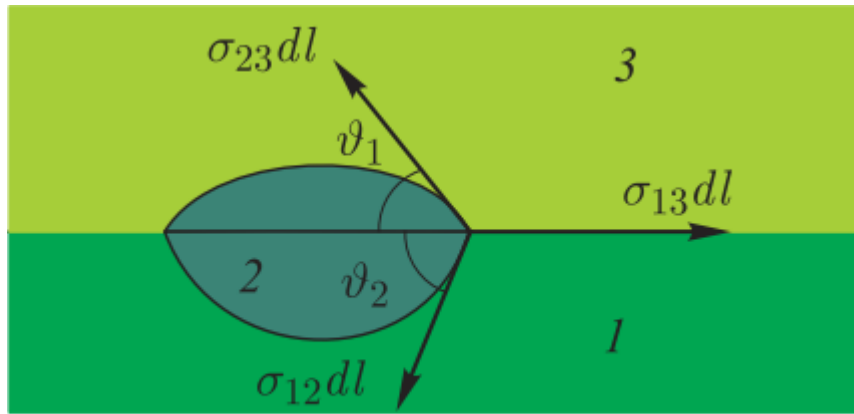
Капиллярное ^{а)} **давление** ^{б)} **появляется** ^{в)} **вследствие** **поверхностного** **натяжения** **жидкости,** **стремящейся** **уменьшить площадь поверхности.** Для сферической капли:

$$\Delta p = 2\sigma/r$$

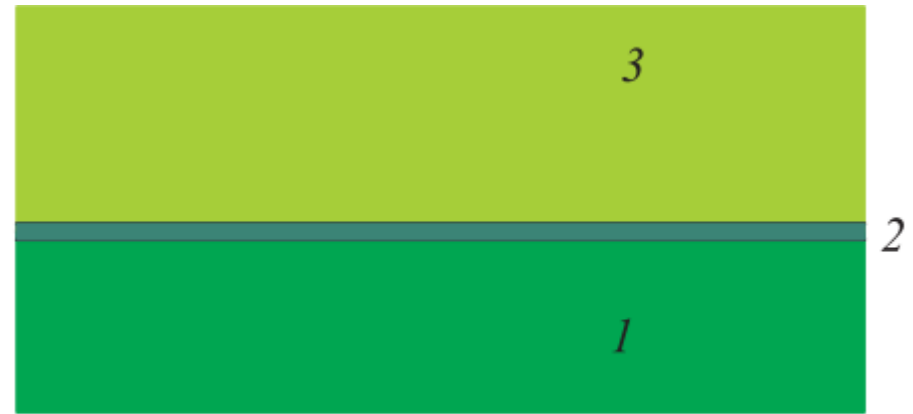
В общем случае произвольной поверхности избыточное давление определяется двумя главными радиусами кривизны r_1 и r_2 :

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

Условия равновесия на границе двух жидкостей



а

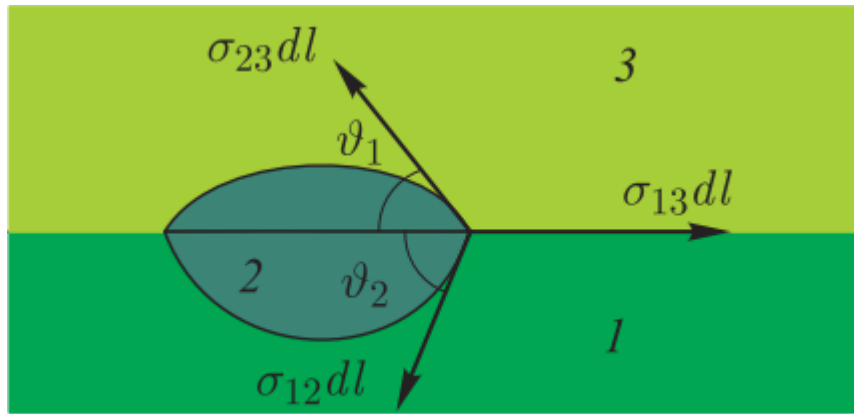


б

- Если каплю более легкой жидкости поместить на поверхность другой, более тяжелой жидкости, то эта капля либо останется плавать на поверхности, либо растечется по ней в виде тонкого молекулярного слоя.
- Равновесие капли в первом случае можно рассчитать из равенства нулю всех сил поверхностного натяжения.

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} \cos \vartheta_1 + \sigma_{12} \cos \vartheta_2; \quad \sigma_{23} \sin \vartheta_1 = \sigma_{12} \sin \vartheta_2,$$

Условия равновесия на границе двух жидкостей

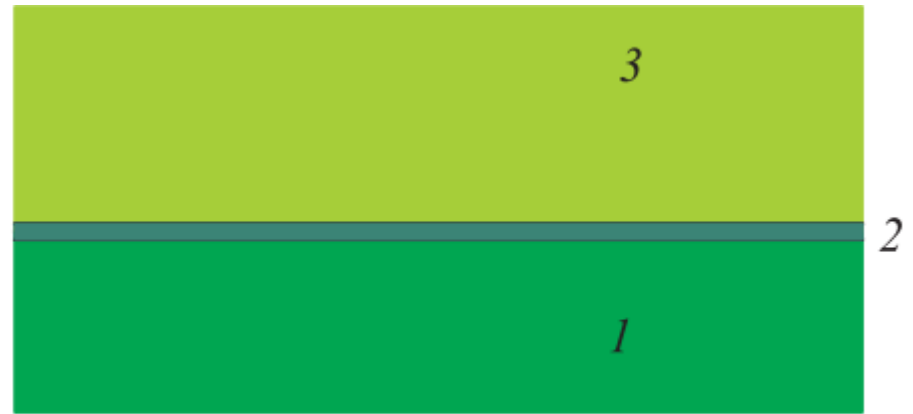


a

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} \cos \vartheta_1 + \sigma_{12} \cos \vartheta_2$$

$$\sigma_{23} \sin \vartheta_1 = \sigma_{12} \sin \vartheta_2$$

ϑ_1, ϑ_2 , **краевые углы**



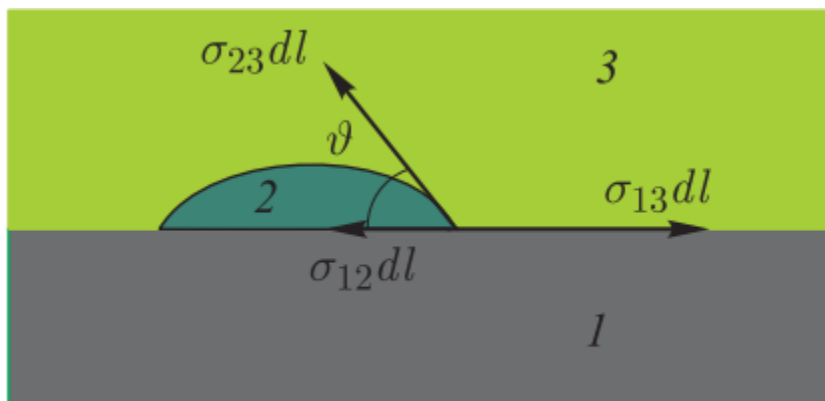
б

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

капля растечется по
поверхности

Условие равновесия на границе жидкость–твердое тело

Поверхностным натяжением обладают и твердые тела. Капля жидкости на поверхности твердого тела может выглядеть двояко.

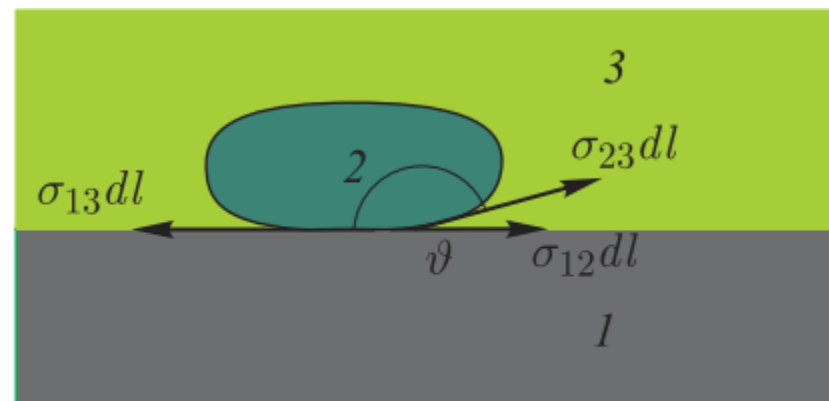


a

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} \cos \vartheta + \sigma_{12}$$

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

жидкость **смачивает**
поверхность твердого тела



б

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

Жидкость **не смачивает**
поверхность твердого тела

Условие равновесия на границе жидкость–твёрдое тело

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

Жидкость **не смачивает** поверхность твёрдого тела

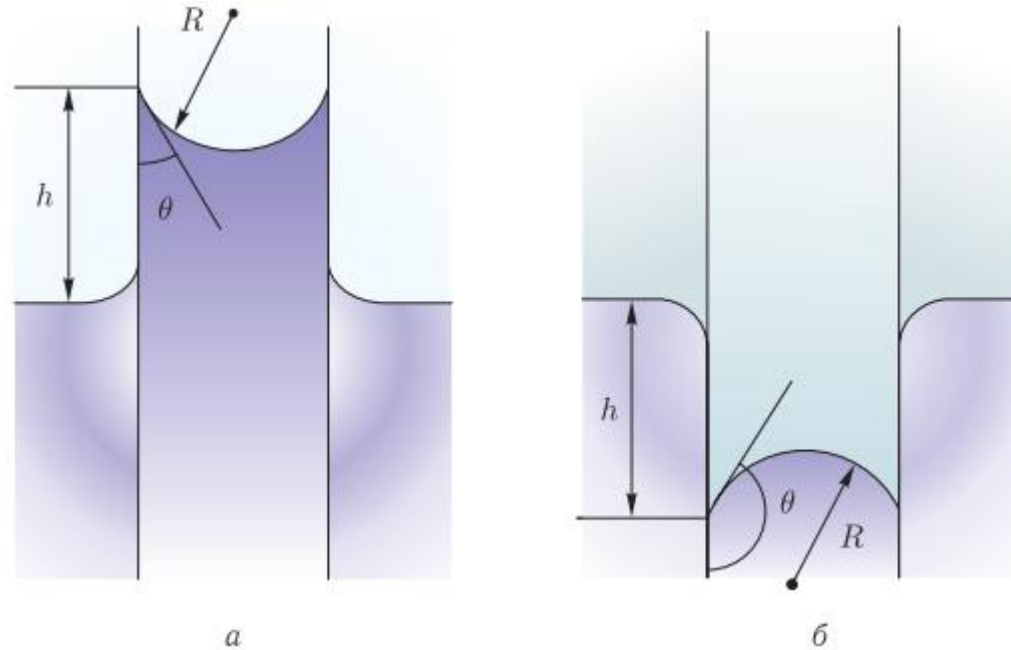


Капли росы



Водомерки

Капиллярные явления



Жидкость в сосуде вследствие поверхностного натяжения взаимодействует с вертикальными стенками.

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

(b) Если **несмачивающая** — то опуститься.