

Можно ли воду
унести в
решете?

Поверхностное натяжение и поверхностная энергия жидкостей

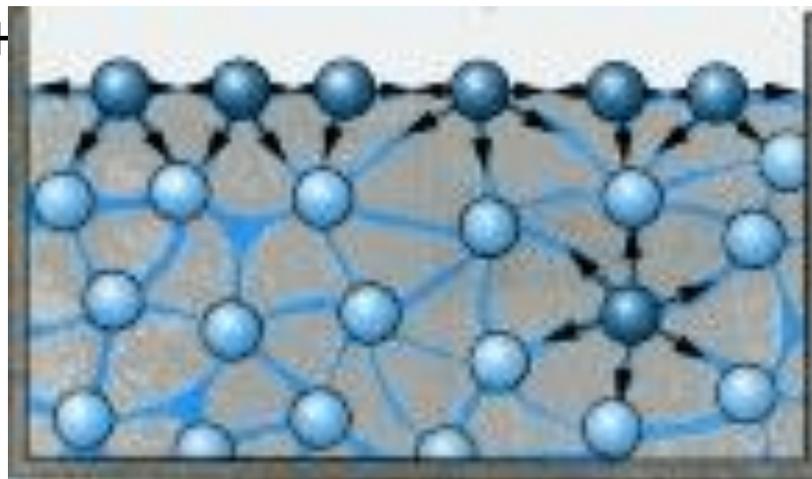
Мы не смогли бы налить воды в стакан, писать автоматическими ручками, намылить руки; слабый дождик промочил бы одежду насквозь, радугу нельзя бы было увидеть ни при какой погоде, если бы не было сил поверхностного натяжения



Почему поверхность жидкости стремится сократиться так, чтобы площадь ее поверхности стала минимальной?

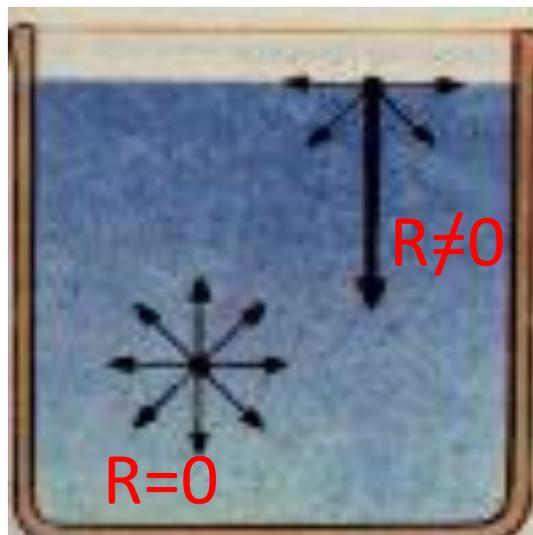
Для жидкостей характерен «ближний порядок» расположения частиц.

Очень часто строение жидкостей называют квазикристаллическим



Расстояние, на котором данная молекула еще оказывает
воздействие на окружающие ее молекулы,
называется **радиусом ее молекулярного действия**

Молекулы расположенные на поверхности жидкости, и молекулы в ее глубине находятся в разных условиях

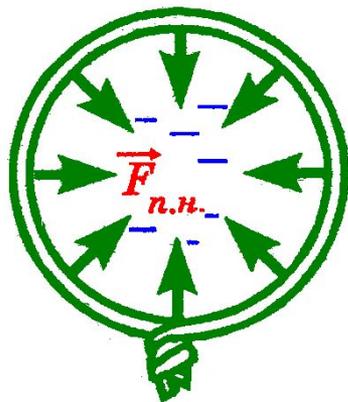


Дополнительная потенциальная энергия, которой обладают молекулы поверхностного слоя по сравнению с остальными молекулами жидкости называется **поверхностной энергией**. Поверхностная энергия относится к внутренней энергии жидкости

Молекулы поверхностного слоя находятся в особом силовом поле, которое по мере увеличения глубины ослабевает и исчезает на некоторой глубине



Свободная жидкость всегда стремится принять форму с минимальной площадью поверхности, т.е. сферическую



Молекулы поверхностного слоя находятся в среднем на больших расстояниях друг

друг друга, и потому вдоль поверхности действует сила, стремящаяся сократить эту поверхность. Эти силы называют силами поверхностного натяжения

Сила поверхностного натяжения – сила, которая действует вдоль поверхности жидкости перпендикулярно линии, ограничивающей эту поверхность, и стремится сократить ее до минимума

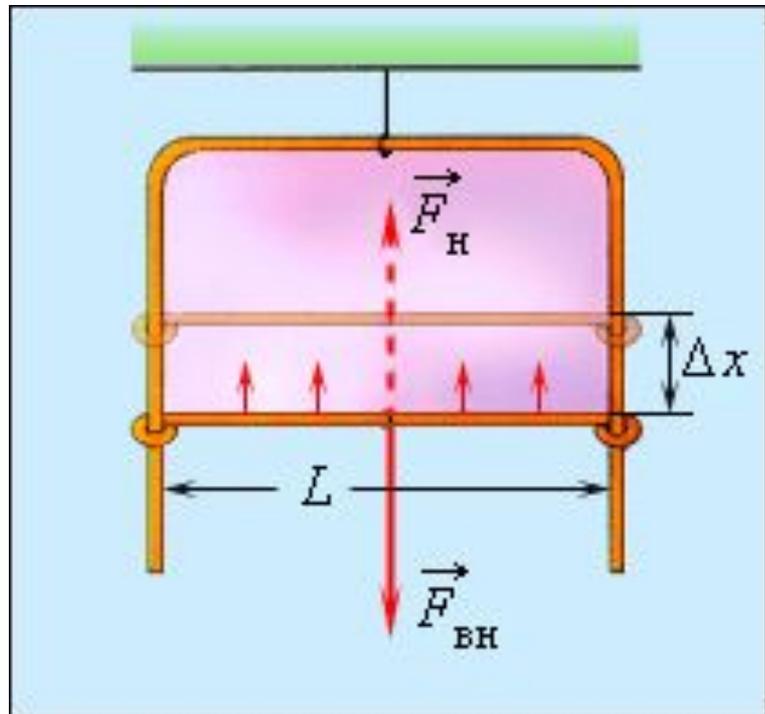
Поверхностное натяжение жидкости равно отношению силы поверхностного натяжения, действующей на некоторый элемент контура, ограничивающего поверхность жидкости



$$\sigma = \frac{F_{п.н.}}{l}$$

$$[\sigma] = \frac{H}{м}$$

Поверхностное натяжение жидкости – скалярная положительная величина



Зависит от

- Рода жидкости
- Температуры
- Наличия примесей

$$\Delta E_n = A$$

$$A = F \cdot x = F_{n.n.}$$

$$F_{n.n.} = \sigma \cdot l \Rightarrow \Delta E_n = A = \sigma \cdot l \cdot x$$

$$l \cdot x = \Delta S \Rightarrow \Delta E_n = \sigma \cdot \Delta S$$

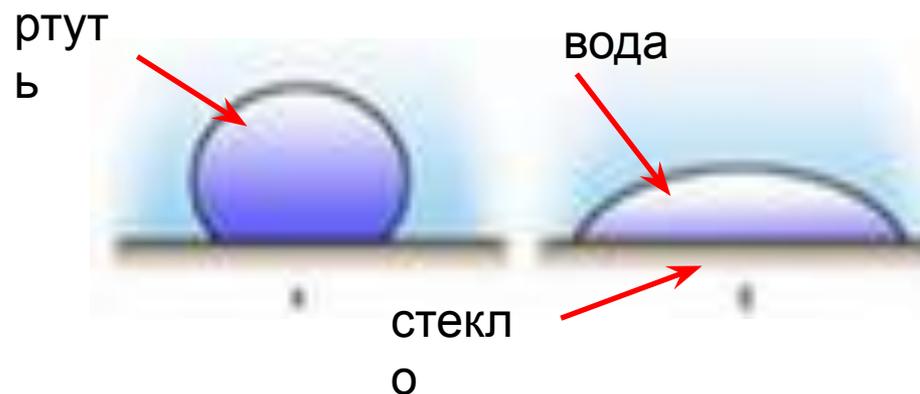
$$\sigma = \frac{E_n}{\Delta S}$$

- удельная поверхностная энергия
жидкости

Поверхностное натяжение жидкости
равно отношению изменения ее
поверхностной энергии к изменению
площади ее поверхности при этом

Почему оловянным припоем можно паять детали из меди, латуни, но нельзя алюминиевые?

При соприкосновении жидкости с твердым телом наблюдается смачивание или несмачивание этого тела жидкостью, что зависит от взаимодействия молекул жидкости, твердого тела и газа

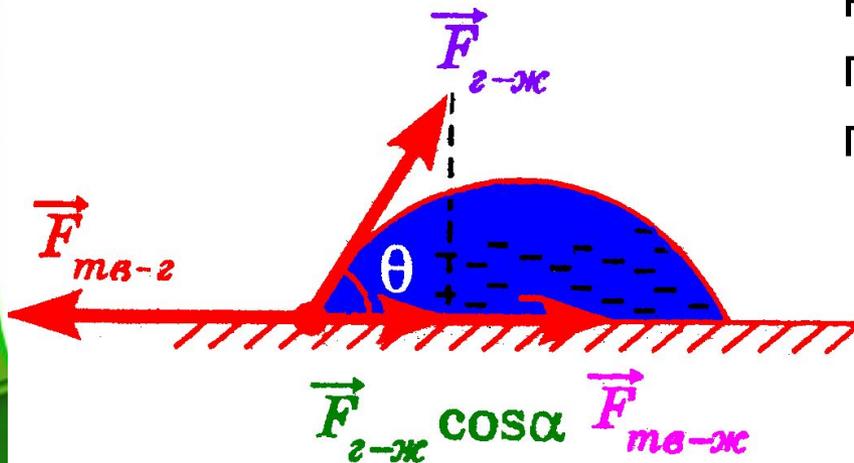


Капля находится в равновесии.
 На элемент контура Δl действуют

$F_{тв-г} = \sigma_{тв-г} \cdot \Delta l$ - сила поверхностного натяжения, приложенная к элементу на границе

$F_{тв-ж} = \sigma_{тв-ж} \cdot \Delta l$ - сила поверхностного натяжения, приложенная к элементу на границе

$F_{г-ж} \cdot \cos \theta = \sigma_{г-ж} \cdot \Delta l \cdot \cos \theta$ - сила поверхностного натяжения, приложенная к элементу на границе



σ - поверхностное натяжение

Δl - элемент контура

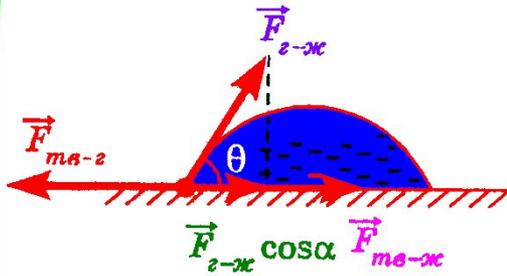
$$F_{тв-г} = F_{тв-ж} + F_{г-ж} \cdot \cos \theta$$

$$\sigma_{тв-г} \Delta l = \sigma_{тв-ж} \Delta l + \sigma_{г-ж} \Delta l \cdot \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{тв-г} - \sigma_{тв-ж}}{\sigma_{г-ж}}$$

θ – **краевой угол**, угол между касательными к поверхностям твердого тела и жидкости

Так как $\cos \theta$ меньше или равен 1, то равновесие наблюдается



$$\frac{\sigma_{тв-г} - \sigma_{тв-ж}}{\sigma_{г-ж}} \leq 1$$

$$\sigma_{тв-г} - \sigma_{тв-ж} \leq \sigma_{г-ж}$$

Если

и

$$\sigma_{тв-г} > \sigma_{тв-ж} + \sigma_{г-ж}$$

Жидкость растекается на поверхности твердого тела.

Это явление называется **полным смачиванием**

Если

$$\sigma_{тв-ж} > \sigma_{тв-г} + \sigma_{г-ж}$$

Жидкость стягивается так, что соприкасается с поверхностью твердого тела в одной точке.

Это явление называется

Частичное смачивание наблюдается при

$\sigma_{ТВ-г} > \sigma_{ТВ-ж}$, $\cos \theta > 0$ θ - острый
угол

Частичное несмачивание наблюдается при

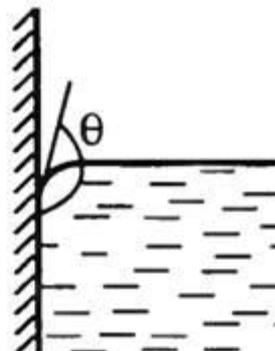
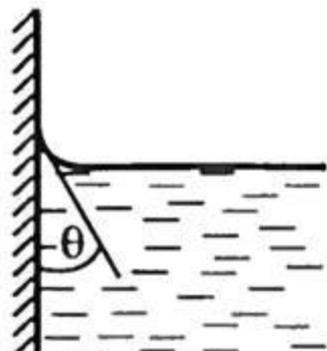
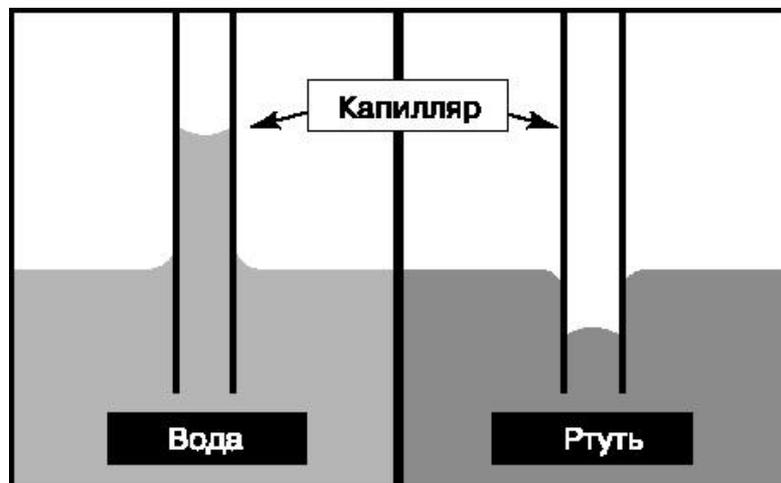
$\sigma_{ТВ-г} < \sigma_{ТВ-ж}$, $\cos \theta < 0$ θ - тупой
угол



Значение смачивания

- Крашение, стирка, обработка фотографических материалов
- Склеивание деревянных, кожаных, резиновых и других материалов
- Флотационный процесс обогащения руд

Капилляры - узкие трубки, диаметр которых во много раз меньше их длины



Явления подъема
жидкости по капилляру
при смачивании и
опускания при
несмачивании
называются

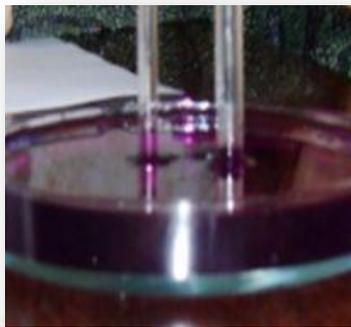
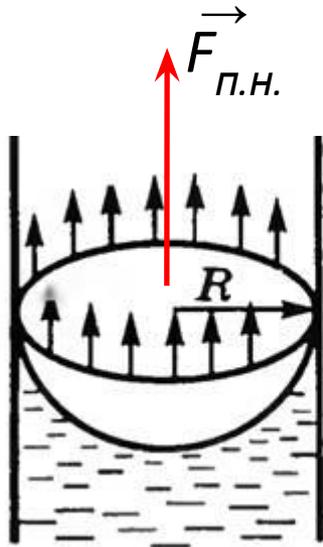
капиллярными

явлениями
Мениск (греч. *meniskos* –

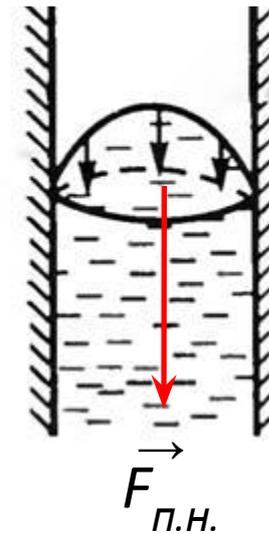
лунный серп) –

изогнутая поверхность
жидкости

Капиллярные явления обусловлены силами поверхностного натяжения и искривлением поверхности жидкости



Силы поверхностного натяжения, приложенные к контуру, ограничивающего жидкость, направлены вдоль стенки капилляра вверх, значит результирующая этих сил тоже направлена вверх



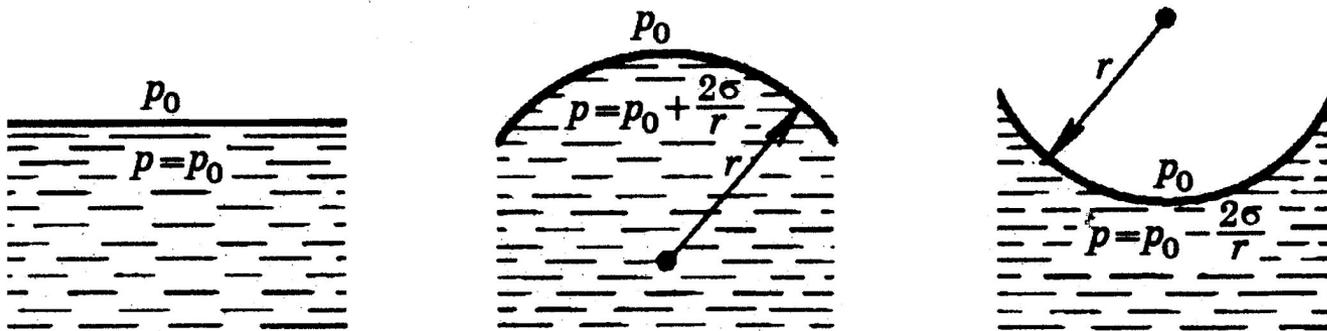
$$mg = F_{п.н.}; m = \rho V; V = \pi R^2 h$$

$$F_{п.н.} = \sigma \cdot l = \sigma 2\pi R$$

$$\rho \pi R^2 h g = \sigma 2\pi R \Rightarrow h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

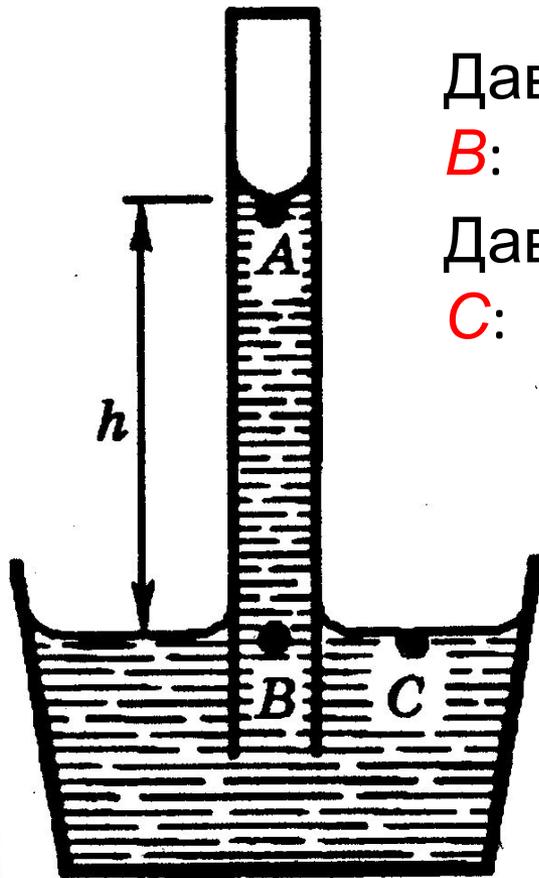
Формула позволяющая определить высоту подъема жидкости в капилляре при смачивании или глубину ее опускания при несмачивании



Если поверхность жидкости сферическая, то возникает разность давлений, равная

$$p - p_0 = \pm \frac{2\sigma}{R}$$

Давление в точке
A: $p_A = p_0 - \frac{2\sigma}{R}$



Давление в точке
B: $p_B = p_0 - \frac{2\sigma}{R} + \rho \cdot g \cdot h$

Давление в точке
C: $p_C = p_0$

$$p_C = p_B$$

$$p_0 = p_0 - \frac{2\sigma}{R} + \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

Роль капиллярных явлений в природе и технике

- В деревьях по капиллярам влага из почвы поднимается до вершин деревьев, где через листья испаряется в атмосферу ($r=0,01$ до $0,3$ мм)
- В организме человека примерно 150 миллиардов капилляров (если их все вытянуть в одну линию, то ею можно опоясать земной шар по экватору два с половиной раза)
- В почве имеются капилляры, которые тем уже, чем плотнее почва. Ранняя вспашка земли разрушает их, тем самым сохраняя подпочвенную влагу
- В быту капиллярные явления используют в фитилях, промокательной бумаге
- В строительстве; чтобы не сырела кирпичная стена, между фундаментом и стеной прокладывают вещество не имеющее капилляров
- В бумажной промышленности; при изготовлении писчей бумаги ее пропитывают специальным составом закупоривающим капилляры

