

Про «поверхностное натяжение».

Тони!
Ты должен мне пузырь...
Эта далась с трудом...
Скучно...
Самоочевидно...
Но, я обещал...
Мужик сказал - Мужик сделал...
(АлексИзСибири 2010)

«...Поверхностное натяжение — термодинамическая характеристика поверхности раздела двух находящихся в равновесии фаз, определяемая **работой** обратимого изотермокинетического образования единицы площади этой поверхности раздела при условии, что температура, объем системы и химические потенциалы всех компонентов в обеих фазах остаются постоянными. Поверхностное натяжение имеет **двойной физический смысл** — энергетический (термодинамический) и силовой (механический). Энергетическое (термодинамическое) определение: поверхностное натяжение — это удельная работа увеличения поверхности при её растяжении при условии постоянства температуры. Силовое (механическое) определение: поверхностное натяжение — это **сила**, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости^[1]... (Википедия)»

«Поверхностное натяжение - важная термодинамическая характеристика поверхности раздела фаз (тел), определяемая как **работа** обратимого изотермического образования единицы площади этой поверхности. В случае жидкой поверхности раздела П. н. правомерно также рассматривать как **силу**, действующую на единицу длины контура поверхности и стремящуюся сократить поверхность до минимума при заданных объёмах фаз... (БСЭ)»

«...ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ, стремление в-ва (жидкости или твердой фазы) уменьшить избыток своей потенциальной энергии на границе раздела с др. фазой (поверхностную энергию). Определяется как работа, затрачиваемая на создание единицы площади пов-сти раздела фаз (размерность Дж/м²). Согласно др. определению, поверхностное натяжение-сила, отнесенная к единице длины контура, ограничивающего пов-сть раздела фаз (размерность Н/м); эта сила действует тангенциально к пов-сти и препятствует ее самопроизвольному увеличению... (Учебник)»

Что объединяет эти «определения», кроме обычного для современной «физики» блудливого многословия, маскирующего отсутствие физического смысла, и наделения абстрактных понятий мистическими «устремлениями» (как например «стремление поверхности сокращать свою площадь»)

Правильно!

Объединяет их ДУАЛИЗМ.

Смотри сюда!

С одной стороны, «поверхностное натяжение» (ПН) - «работа по созданию единицы площади поверхности».

С другой стороны, - это «Сила, отнесенная к единице Длины Контура, ограничивающего Поверхность».

Вот он!

Тот самый смрадный, скользкий, липкий Дуализм, который проступает сквозь плесень всякий раз, когда ньютонианская «физика» запутывается в собственных «ногах», и стоит раскорячась, не зная, куда ступить следующим шагом.

Когда «физика» прибегает к «Дуализму», как к последнему средству объяснения необъяснимого?

- Правильно, когда «физике» нечего сказать.

И в случае с ПН это видно, как нельзя яснее.

Если считать правильным первое из определений («ПН - Работа по созданию площади») становится непонятным как быть с ПН капли воды, ведь площадь ее поверхности НЕ МЕНЯЕТСЯ, а значит и Работы по ее созданию не ведется. А значит, и поверхностное натяжение ее поверхности отсутствует?

Если же верно второе, и ПН - Сила, отнесенная к единице Длины Контура, «ограничивающего» эту поверхность, то откуда у капли воды поверхностное натяжение, ведь «контур, ограничивающего замкнутую поверхность» тоже нету?!

Что же делать?

А то же что всегда - ДУАЛИЗЬМИТЬ напропалую.

Вот и болтается ПН в Дуализме, как Говно в прорубе, - И НЕ Сила, и НЕ Работа.

Но, неужели это распространенное явление Природы столь загадочно, и необъяснимо?

Да ничего подобного.

Стоит отказаться от гламурного наукообразия ньютонианской физической парадигмы, и вернуться в лоно Логике и Здравому Смыслу, как все становится на свои места.

Смотри сюда!

Сначала несколько обоснованных допущений:

1. Жидкость состоит из Частиц.

Допущение вполне обоснованное, поскольку не противоречит повседневному Опыту и Здравому Смыслу.

Все, что доступно нашим органам чувств и воображению, из чего-нибудь состоит...

2. Частицы взаимодействуют друг с другом, «притягивая» друг друга с некоторой силой адгезии f , заставляя их «прижиматься - липнуть» друг к другу.

Допущение вполне обоснованное, поскольку Частицы Жидкостей очевидно не разлетаются, как Частицы Газа.

3. Частицы Жидкости «твердые», и сопротивляются проникновению «друг-в-друга» с большой («непреодолимой») силой.

Допущение обоснованное, поскольку жидкости практически «несжимаемы».

4. Частицы Жидкости «упакованы» максимально плотно.

Допущение обоснованное, поскольку Жидкости практически «несжимаемы».

5. Частицы Жидкости имеют сферическую симметрию взаимодействия, то есть одинаково взаимодействуют с соседними Частицами, независимо от направления их взаимного расположения, то есть Частицы - ведут себя, как одинаковые «твердые шары» эффективным диаметром d .

Допущение обоснованнее, поскольку механические свойства жидкостей очевидно одинаковы в любом из выбранных направлений.

То есть, Жидкости - очевидно изотропны.

Из выше изложенного проистекает несколько естественных очевидных логичных следствий:

1. Любая Частица Жидкости может соседствовать не более, чем с 12-тью «соседками».
2. Равнодействующая $\vec{f}$ всех $\vec{f}$, действующих на Частицу Жидкости со стороны соседних, называется Сила давления поверхности жидкости, зависит от количества, и расположения соседних Частиц, относительно исследуемой.

$$\tau = T(\alpha)$$

где:

α – угол закрытия поверхности.

3. Любая Частица Жидкости оказывает на остальную Жидкость Давление

$$p = \tau / s.$$

Где: $s = \pi d^2 / 4$ – площадь миделя Частицы.

Без нарушения пункта 4 обоснованных допущений положение исследуемой частицы поверхности Жидкости (оранжевая «молекула») можно изобразить так

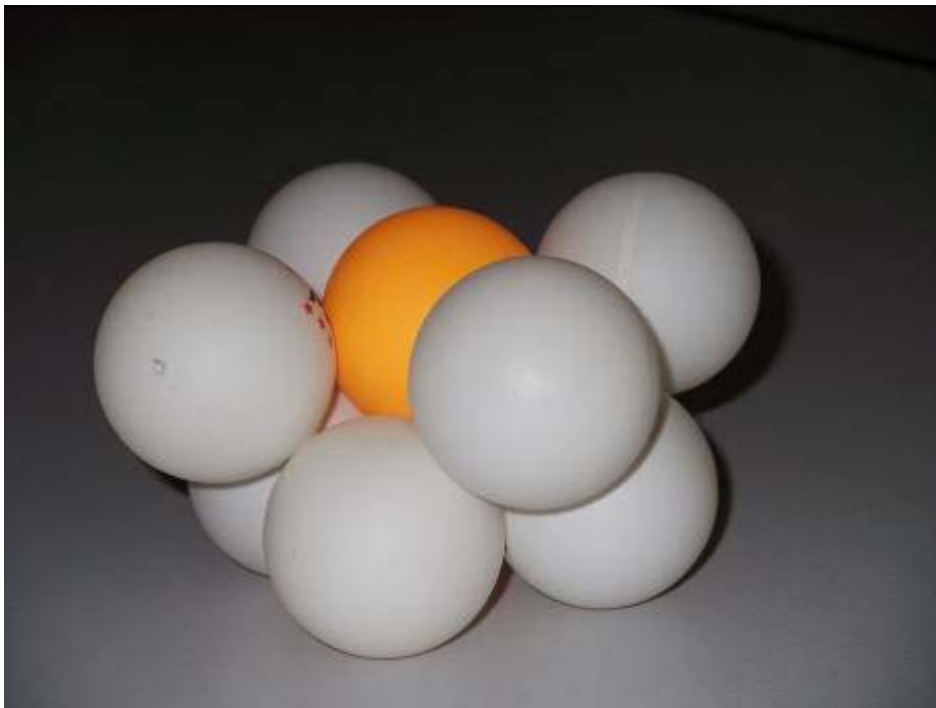


Рис.1 Оранжевая «молекула» поверхности Жидкости в окружении белых соседак.

Или изобразить схематически:

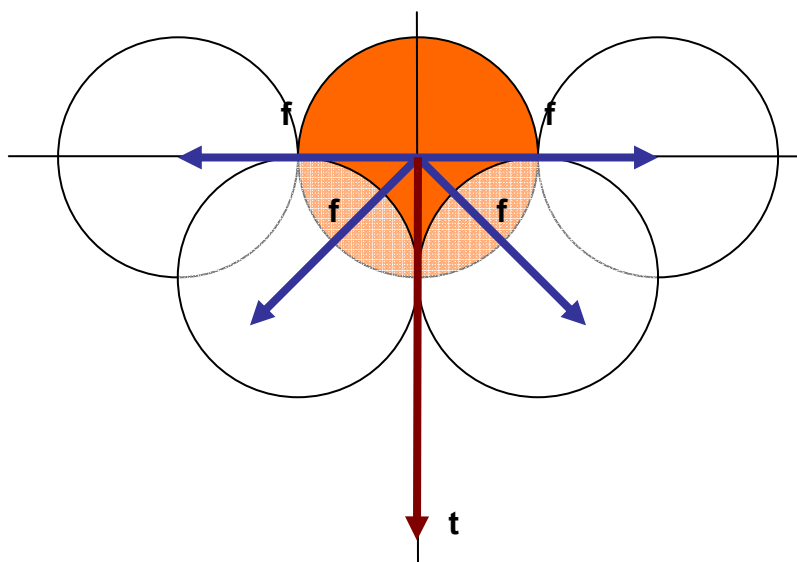


Рис.2 «Плоская» Поверхность ($R = \infty$)

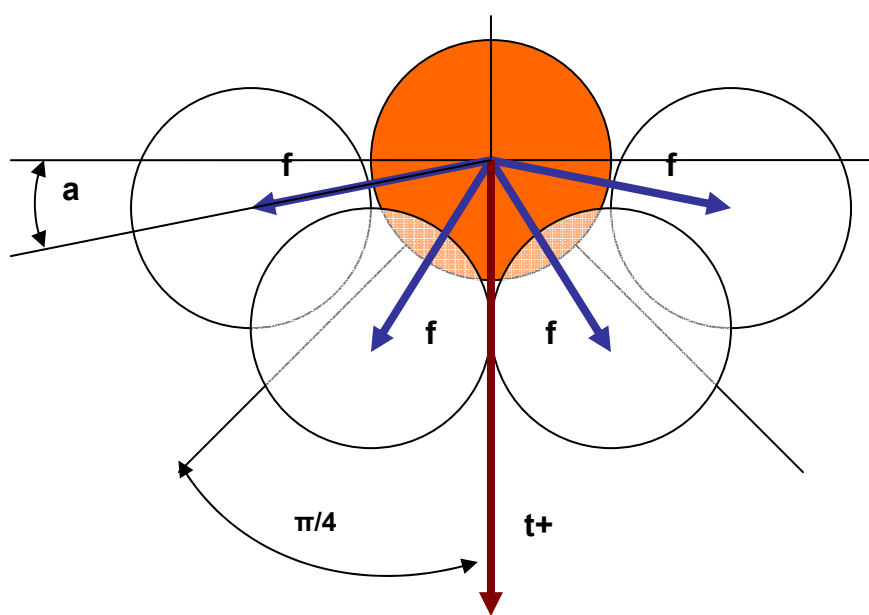


Рис.2 «Выпуклая» Поверхность ($R = R+$)

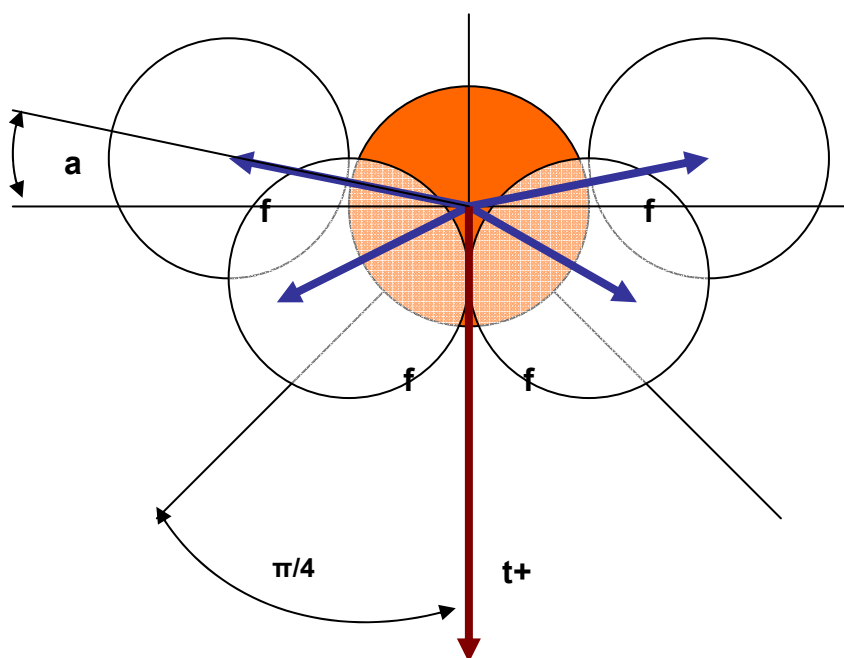


Рис.2 «Впуклая» Поверхность ($R = R_-$)

Очевидно, - для каждой из Частиц Поверхности Угол Закрытия Поверхности свой.

Однако реальные жидкости имеют в поверхностном слое гигантское количество Частиц,

Это дает возможность перейти на интегральные - средние величины:

- средний угол закрытия поверхности A ,
- средний радиус кривизны поверхности R ,
- средняя сила поверхностного давления T ,
- среднее давление в жидкости от поверхностного «натяжения» P .

Угол закрытия поверхности, и радиус ее кривизны связаны очевидным соотношением

$$a = \arcsin (d/2/r).$$

В реальных жидкостях

$$d \ll R$$

$$A = a \sin (d/R) \rightarrow 0$$

Средний угол закрытия Реальной Поверхности A изменяется вблизи нуля. Насколько близко?

Что бы ответить на этот вопрос, посчитаем изменение угла закрытия поверхности для шара из воды при изменении его радиуса в диапазоне от

$$R_{\min} = 10^{-4} \text{ м}$$

(диаметр самой маленькой водяной капли, которую может различить невооруженный глаз человека)

до

$$R_{\max} = \infty$$

(«абсолютно плоская» поверхность)

Воспользуемся справочным значением эффективного «диаметра» молекулы воды

$$d = 2,8 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

В диапазоне изменения радиуса кривизны

$$R_{\min} < R < R_{\max},$$

Угол закрытия поверхности A изменяется

$$0,6'' > A > 0$$

$$dA = \arcsin(R_{\min}) - \arcsin(0) = 0,6''.$$

То есть, при изменении среднего радиуса кривизны R от размеров «капли тумана», до бесконечности, - угол закрытия поверхности A изменится чуть более, чем на половину угловой секунды.

В этом диапазоне величину силы поверхностного натяжения можно без большой погрешности выразить так:

$$T = 4f \cos(\pi/4 + d/R) + 4f \sin(d/R), \quad (1)$$

Учитывая что

$$\cos(\pi/4 + d/R) = \cos(\pi/4) \cos(d/R) - \sin(\pi/4) \sin(d/R)$$

и

$$\cos(\pi/4) = \sin(\pi/4) = \sqrt{2}/2$$

Перепишем (1)

$$T = 4f \sin(\pi/4) (\cos(d/R) - \sin(d/R)) + 4f \sin(d/R), (2)$$

Для малых углов (менее угловой секунды)

$$\cos(d/R) \approx 1$$

$$\sin(d/R) \approx d/R$$

После несложных преобразований

Для положительной кривизны (выпуклых) поверхностей

$$T(+) \approx 2\sqrt{2}f + (4 - \sqrt{2})fd/R, (3)$$

Для отрицательной кривизны (вогнутых) поверхностей

$$T(-) = 2\sqrt{2}f - (4 - \sqrt{2})fd/R, (4)$$

$$T(+) \approx 2.83f + 2.58 f*d/R, (5)$$

$$T(-) \approx 2.83f - 2.58 f*d/R, (6)$$

Обозначим

$F = 2.83f$, как действующую силу поверхностного давления.

$P = F/s$ - давление создаваемое Частицей «плоской» поверхности.

Тогда можно записать

$$T(+) \approx F + 0.95F*d/R, (7)$$

$$T(-) \approx F - 0.95F*d/R, (8)$$

Из-за чрезвычайно малого значения отношения d/R , влияние второго слагаемого очень мало.

Поэтому, не будет большой погрешностью пренебречь коэффициентом 0,95, и окончательно записать для поверхности реальной жидкости

$$T(+) \approx F + F*d/R, (9)$$

$$T(-) \approx F - F*d/R, (10)$$

Основные выводы:

1. Сила давления поверхности T , приложена к Частицам поверхностного слоя, на границе раздела, и всегда направлена в сторону Жидкости.
2. Сила давления поверхности зависит от кривизны поверхности и увеличивается с ростом угла закрытия A .

Сила давления поверхности принуждает частицу поверхности двигаться внутрь Жидкости.

Остановится Частица лишь тогда, когда сила избыточного давления внутри Жидкости сравняется с силой давления поверхности.

Под действием Силы Поверхностного Давления Частицы Выпуклых Поверхностей «стремятся» к «центру кривизны», уменьшая этот радиус, и уменьшая площадь выпуклой поверхности, сжимая Жидкость в шар.

Под действием Силы Поверхностного Давления Частицы Впуклых Поверхностей «стремятся» от «центра кривизны», увеличивая этот радиус, и увеличивая площадь Впуклой поверхности, расширяя Каверну..

Если жидкость будет иметь только вогнутую поверхность, как например, «Вселенная Усачева В.М», то каверны внутри «идеальной квантовой жидкости Усачева» будут неограниченно увеличиваться.

Становится очевидным, что мнение бывшего кандидата физико-математических наук, а ныне доктора естествознания, известного в сети, как "drParvus", относительно природы силы поверхностного натяжения:

«...Сила поверхностного натяжения это сумма проекций всех сил межмолекулярного взаимодействия на касательную к поверхности в данной точке...»

- очень далеко от реальности.

И заметьте!

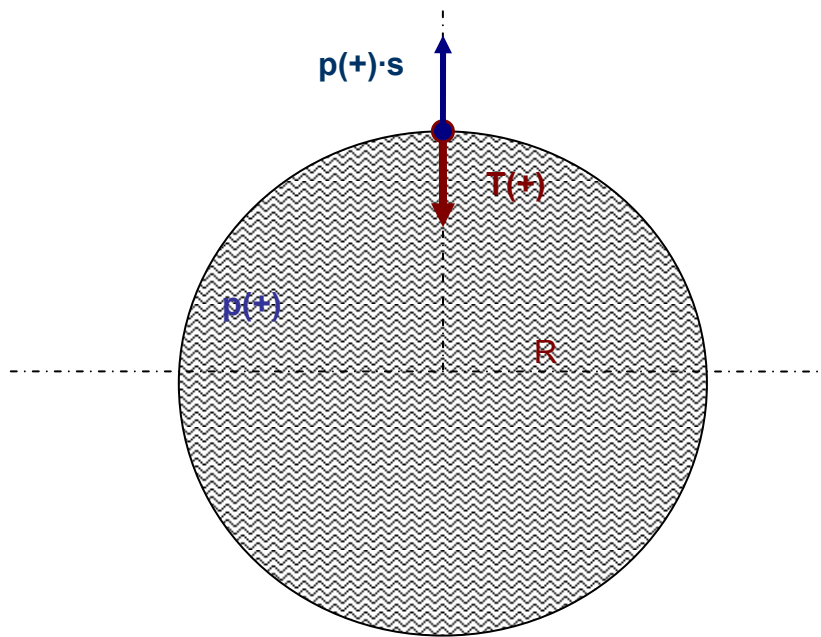
Это мнение доктора естествознания!

Что же говорить о простых выпускниках школ колледжей и университетов?!

Самоочевидно, что сумма проекций всех сил межмолекулярного взаимодействия на касательную к поверхности в точке поверхности всегда нулевая.

Запишем уравнение баланса сил для любой Частицы Жидкости, ограниченной сферическими Поверхностями:

Для сплошного Шара из Жидкости

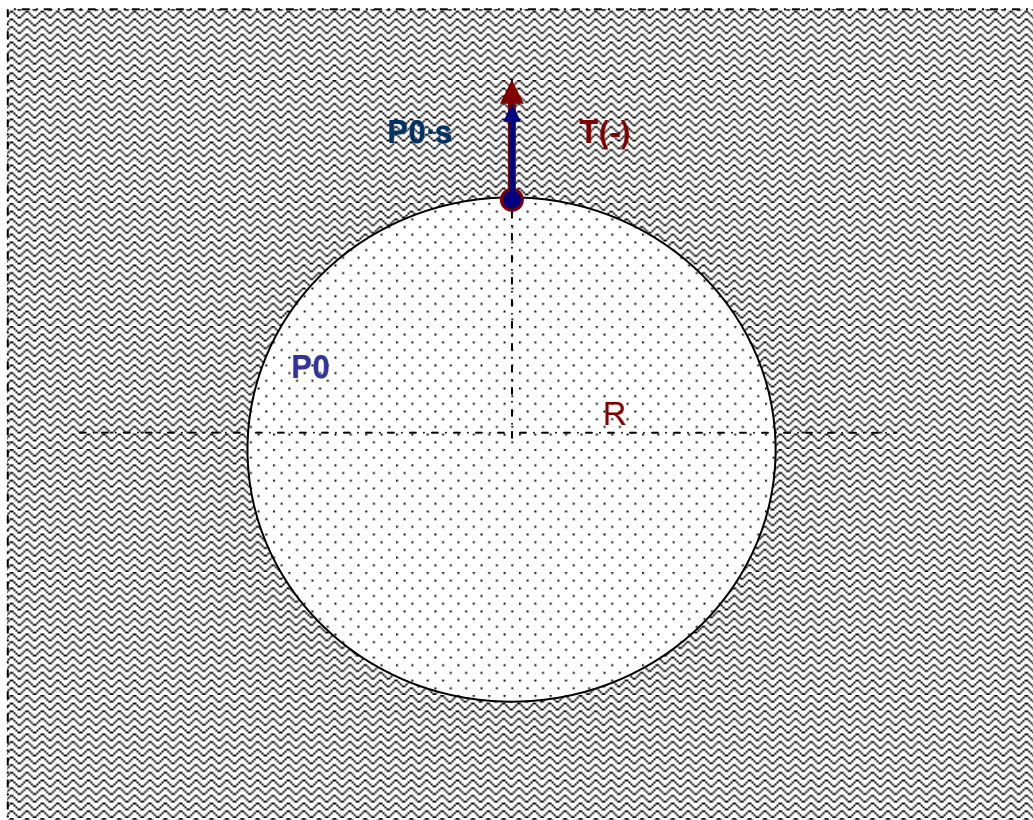


$$T(+) = p(+)\cdot s$$

Отсюда

$$p(+)=T(+)/s$$

Для Каверны в сплошной Жидкости.

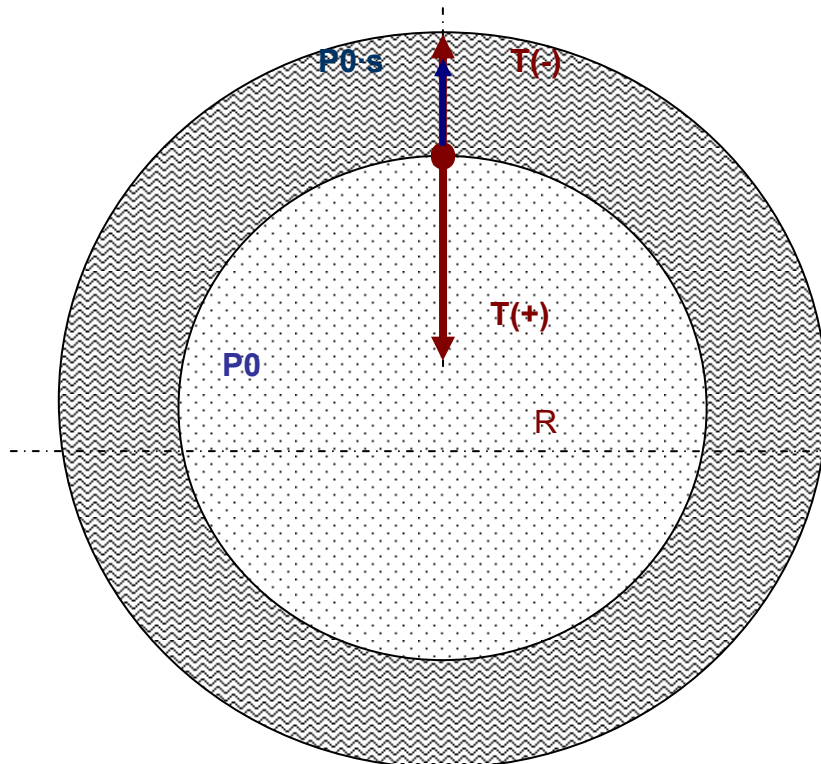


$$T(-) = p(-)s + p(0)s$$

Отсюда

$$p(-) = T(-)/s + p(0)$$

Для Жидкого Слоя (Пузыря)



$$p_0 s + T(-) - T(+) = 0$$

$$p_0 = (T(+) - T(-))/s \approx F^*d/R + F^*d/R = 2Fd/R/s, (10)$$

Здесь :

p_0 - избыточное давление Газа (Пара) внутри Пузыря.

Поскольку, мидель частицы связан с ее эффеkтивным диаметром очевидным соотношением

$$S = \pi d^2/4$$

Выражение (10) можно переписать

$$p_0 = 2F_d/R/s = 8F_d/(R/\pi d^2) = 2.55F/(d \cdot R), (11)$$

Итак, поверхностного натяжения попросту нет.

Немудрено, что ортодоксальная «физика» так сильно меньшежует и дуалит по его поводу ☺

А есть нормальные силы взаимодействия между частицами Жидкостей.

И Давление, которые оказывают «притягивающиеся» друг к другу Частицы жидкости, подобное тому, которое оказывают друг на друга «слипшиеся» постоянные магниты.

Но, что за Сила удерживает на поверхности воды вот эту монетку, если не сила «поверхностного натяжения»?!



И на этот вопрос ответ чрезвычайно прост, и самоочевиден.

НА монетку действуют две основные Силы.

1. Равнодействующая проекций всех сил межмолекулярного взаимодействия f всех Частиц Жидкости контактирующих с Монеткой по всей длине ее контура, на вертикаль.

$$FF = \sum (f \cdot \cos(\alpha)) = L/d \cdot f \cdot \cos(\alpha).$$

Здесь:

L - длина контура Монетки (длина окружности в месте контакта с водой)

d - эффективный диаметр Молекулы Воды.

α - угол «прогиба» поверхности в месте контакта Монетки с Водой.

2. Сила от давления воды под поверхностью.

$$F_p = p \cdot S$$

Здесь:

p – давление поверхности воды.

S – площадь Миделя Монетки...

Монетка держится на поверхности воды до тех пор, пока ее вес не больше суммы перечисленных выше сил

$$P \leq F_F + F_p = L/d \cdot f \cdot \cos(\alpha) + p \cdot S$$

Как видите, «силы поверхностного натяжения» среди сил, удерживающих Монетку на поверхности нет...